

Monitorização e controlo do ambiente numa sala de cabritos com ventilação forçada

Ana Maria Gonçalves Hilário Machado Pederneira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Zootécnica – Produção Animal

Orientador: Doutor Jorge Ferro da Silva Meneses

Co-orientador: Engenheira Rita Áurea Tavares Fonseca Pascoal

Júri:

Presidente - Doutor José Pedro da Costa Cardoso Lemos, Professor Associado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Técnica de Lisboa

Vogais - Doutor Jorge Ferro da Silva Meneses, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

- Doutor Rui José Branquinho de Bessa, Professor Auxiliar da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Técnica de Lisboa

- Doutor Fernando Baltazar Santos Ortega, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa

- Licenciada Rita Áurea Tavares Fonseca Pascoal, na qualidade de especialista

Lisboa, 2010

AGRADECIMENTOS

Ao Doutor Jorge Meneses, meu professor e orientador, pela ajuda, conselhos e orientação ao longo deste projecto;

À Doutora Elizabeth Duarte, pela ajuda com os textos e, sobretudo, pelas palavras de apoio;

Ao Sr. Domingos do laboratório do DQAA;

A todos os professores que me facultaram documentos e informações para a realização deste projecto;

Aos funcionários da empresa Barão & Barão, que tanto me ajudaram (em todos os aspectos), nomeadamente à Eng^a Rita Pascoal, minha co-orientadora, à Eng^a Paula Silva, ao Sr. Barão e à Dona Gina;

À Equiporave por tão amavelmente ter respondido a todas as minhas questões;

Ao meu primo Luís Cabaça, pela preciosa ajuda com as plantas e diagramas;

À minha família e amigos, por todo o apoio e paciência nesta fase;

À minha colega e amiga Ana Viana, por ter estado sempre lá, pelo apoio e pela ajuda com os textos.

A todos eles o meu MUITO OBRIGADA.

Resumo

Embora os caprinos não estejam, na maioria das vezes, associados à produção intensiva, esta prática tem sido cada vez mais comum. Com a intensificação da produção tornou-se importante o desenvolvimento de ambientes controlados, de modo a otimizar os recursos e diminuir os custos. Os objectivos deste trabalho foram monitorizar e controlar a qualidade do ar interior de uma sala de aleitamento artificial para cabritos e apresentar propostas de melhoria para a mesma. Tivemos também como objectivo a análise de dejectos dos cabritos para avaliar a utilidade da aplicação de um desinfectante comercial na diminuição da emissão de amoníaco. Foram estudadas a temperatura, humidade relativa e concentrações de dióxido de carbono e amoníaco, e analisadas as concentrações de azoto Kjeldahl e amoniacal dos dejectos, bem como o seu pH e condutividade eléctrica. Os valores de temperatura, humidade relativa, dióxido de carbono e amoníaco encontraram-se dentro dos níveis recomendados. O pH foi mais elevado nas amostras com desinfectante e a condutividade eléctrica foi mais elevada nas amostras sem desinfectante. As amostras com desinfectante apresentaram menores perdas de azoto amoniacal e de condutividade eléctrica, levando a crer que este poderia ser útil na diminuição da emissão de amoníaco.

Palavras-chave: cabritos, controlo do ambiente, amoníaco, ventilação forçada, dejectos, desinfectante

Abstract

While goats are not, in most cases, associated with intensive production, this practice has been increasingly common. With the intensification of production, it has become important to develop a controlled environment to optimize resources and reduce costs. The objectives of this study were to monitor and control the quality of air inside a room of artificial milk feeding for kids and come up with improvements to it. We also aimed to analyze droppings from goat kids to assess the usefulness of applying a commercial disinfectant to reduce the emission of ammonia. We studied the temperature, humidity and concentrations of carbon dioxide and ammonia, and analyzed the concentrations of ammonium and Kjeldahl nitrogen of manure, and its pH and electrical conductivity. The values of temperature, relative humidity, carbon dioxide and ammonia were within those recommended. The pH was higher in samples with disinfectant and electrical conductivity was higher in samples without disinfectant. Samples with disinfectant had lower losses of ammonium and electrical conductivity, leading to believe that this could be useful to reduce the emission of ammonia.

Keywords: goat kids, environmental control, ammonia, mechanically ventilated system, manure, disinfectant

Extended Summary

The intensification of animal production that has been evident in recent years led to the development of controlled environmental systems, particularly for temperature and concentration of pollutants. Poorly designed buildings can be a threat to the welfare of animals and, therefore, to their performance. Thus, it is important to adjust the environment as much as possible to the animal needs, in order to increase farm productivity.

The aim of this study was to monitor and control the environment within a room of artificial milk feeding for goat kids and come up with improvements to it. It was also tested the hypothesis of using a commercial disinfectant (D-39) on goat kid droppings in order to reduce the emission of ammonia into the air of the room. We measured the air velocity at the entrance of the ducts and the temperature, relative humidity, and the concentration of carbon dioxide and ammonia inside the room. It was also carried out an airflow test using smoke pellets, and calculated the theoretical ventilation rates for the situations of summer and winter. For the analysis of droppings we analyzed pH, electrical conductivity, concentration of ammonium and Kjeldahl nitrogen. All measurements and analysis were carried out in two periods: January-April and May-July.

Both the values of average temperature and average relative humidity were recorded within the advised limits, in both periods. All the concentrations of carbon dioxide were below the recommended maximum value during the two periods. The concentrations of ammonia measured in the period May-July were below the recommended maximum value, while the measurements carried out during January-April were not conclusive. The minimum ventilation rate was sufficient to guarantee the removal of gases (in the winter situation) and maximum ventilation rate was sufficient to ensure the removal of the heat (in the summer situation). The air enters the building through a lower opening, at the manure pit level, and then travels up, through the floor, and takes the gases produced in the pit to the animal level, while crossing the room in its entire length to reach the ventilation ducts, before being expelled to the outside.

The results of the analysis to the droppings of both periods were contradictory with regard to the concentrations of ammonium and Kjeldahl nitrogen. The pH and electrical conductivity of the manure were consistent in both periods, being the pH higher in the samples with disinfectant, and the electrical conductivity higher in samples without disinfectant. The results of the analysis to the droppings of the season May-July showed that the disinfectant had some effect in reducing the loss of nitrogen and electrical conductivity, leading us to believe that it may be useful in reducing the emission of ammonia in the air inside the room. Further studies are required.

ÍNDICE:

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Extended Summary

Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	xiii
Lista de símbolos	xv
Introdução	1
1. Revisão Bibliográfica	2
1.1. Condições Ambientais	2
1.1.1. Temperatura do ar e zona de neutralidade térmica	2
1.1.2. Humidade relativa	8
1.1.3. Concentração de gases	8
1.1.3.1. Dióxido de carbono	8
1.1.3.2. Amónio	9
1.2. Ventilação	12
1.2.1. Ventilação natural	12
1.2.1.1. Efeito-chaminé	12
1.2.1.2. Acção do vento	14
1.2.2. Ventilação forçada	17
1.3. Caprinos	23
1.3.1. Raças	23
1.3.2. Maneio dos cabritos	24
1.4. Desinfectante	27
2. Materiais e Métodos	29
2.1. Localização	29
2.2. Instalações e controlo do ambiente	29

2.3.	Maneio e alimentação animal	32
2.4.	Delineamento experimental	33
2.5.	Instrumentos e medição	33
2.5.1.	Temperatura do ar	34
2.5.2.	Humidade relativa	34
2.5.3.	Concentração de gases	35
2.5.3.1.	Dióxido de carbono	35
2.5.3.2.	Amoníaco	35
2.5.4.	Velocidade e circulação do ar	36
2.5.4.1.	Velocidade do ar	36
2.5.4.2.	Circulação do ar	37
2.6.	Análises dos dejectos	38
2.6.1.	Determinação do azoto amoniacal	39
2.6.2.	Determinação do azoto Kjeldahl	40
2.6.2.1.	Mineralização	40
2.6.2.2.	Destilação	40
2.6.2.3.	Titulação	40
2.6.3.	Determinação do pH e condutividade	41
2.6.3.1.	pH	41
2.6.3.2.	Condutividade eléctrica	41
2.7.	Determinação dos caudais teóricos de ventilação	42
2.7.1.	Situação de Inverno (caudal mínimo)	42
2.7.1.1.	Com base no balanço de vapor de água	42
2.7.1.2.	Com base no balanço de CO ₂	43
2.7.2.	Situação de Verão (caudal máximo)	44
3.	Resultados e Discussão	47
3.1.	Temperatura do ar e humidade relativa	47
3.2.	Concentração de dióxido de carbono	49
3.3.	Concentração de amoníaco	51

3.4.	Velocidade do ar	52
3.5.	Circulação do ar	54
3.6.	Análises dos dejectos	57
3.6.1.	Época de Janeiro-Abril	57
3.6.2.	Época Maio-Julho	58
3.7.	Determinação dos caudais de ventilação	63
3.7.1.	Produção de calor, vapor de água e dióxido de carbono	63
3.7.2.	Caudal mínimo	64
3.7.2.1.	Com base no balanço de vapor de água	65
3.7.2.1.1.	Mínimo Inverno	66
3.7.2.1.2.	Média Inverno	67
3.7.2.2.	Com base no balanço de CO ₂	68
3.7.2.2.1.	Mínimo Inverno	69
3.7.2.2.2.	Média Inverno	70
3.7.2.3.	Discussão dos resultados dos caudais mínimos	71
3.7.3.	Caudal máximo	71
3.7.3.1.	Máximo de Verão	74
3.7.3.2.	Média de Verão	75
3.7.3.3.	Discussão dos resultados dos caudais máximos	76
4.	Conclusões	77
	Referências Bibliográficas	79
	Cibergrafia	86
	Anexos	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama das relações entre produção total de calor, libertação de calor sensível, libertação de calor latente, temperatura central e temperatura ambiente, num homeotérmico ...	5
Figura 1.2 – Temperaturas críticas e zona de neutralidade térmica em cabritos	7
Figura 1.3 – Relação entre o amoníaco (NH_3) e o ião amónio (NH_4^+) em função do pH	10
Figura 1.4 – Padrões de circulação do ar em condições de Verão e Inverno	14
Figura 1.5 – Gradiente de pressões devido ao efeito do vento	15
Figura 1.6 – Representação esquemática da acção do vento na formação de uma corrente de ar, entre a fachada exposta de um edifício e a oposta, por diferença de pressão	15
Figura 1.7 – Esquema representativo (tanto no plano horizontal como no vertical) da influência que, tanto a posição relativa como a relação entre as áreas de entrada e de saída de ar, têm na velocidade de circulação e no espaço ventilado	16
Figura 1.8 – Padrão do fluxo do ar com ventilação forçada no telhado de um edifício para alojamento de animais	18
Figura 1.9 - Movimento do ar com ventilador numa parede lateral (ventilação cruzada)	18
Figura 1.10 – Movimento do ar com ventiladores em ambas as paredes laterais	18
Figura 1.11 – Padrão do fluxo de ar com um sistema de extracção pelo pavimento num alojamento para animais	19
Figura 1.12 – Movimento do ar num alojamento para animais equipado com ventilação forçada por injeção	20
Figura 1.13 – Ventilador neutro	20
Figura 1.14 – Dois sistemas de ventilação com reciclagem	21
Figura 1.15 – Cabra da raça Saanen	23
Figura 1.16 – Cabra da raça Alpina	24
Figura 1.17 – Estrutura do o-fenilfenol	27
Figura 2.1 – Planta e cobertura da sala de aleitamento artificial	30
Figura 2.2 – Corte A-A' da sala de aleitamento artificial	30

Figura 2.3 – Corte B-B' da sala de aleitamento artificial	31
Figura 2.4 – Vista interior da sala de aleitamento artificial	32
Figura 2.5 – Sistema de controlo dos ventiladores	32
Figura 2.6 – Termohigrómetro Rotronic	34
Figura 2.7 – Termohigrógrafo Fuess	34
Figura 2.8 – Bomba de aspiração Ogawa Seiki Co.	35
Figura 2.9 – Anemómetro de fio quente Lambrecht	36
Figura 2.10 – Representação esquemática da medição da velocidade do ar nos vários pontos da conduta de ventilação	37
Figura 2.11 – Pastilhas de fumo PH	37
Figura 3.1 – Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar na época de Janeiro-Abril	47
Figura 3.2 – Valores máximos, médios e mínimos de humidade relativa do ar na época de Janeiro-Abril	48
Figura 3.3 – Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar na época de Maio-Julho	48
Figura 3.4 – Valores máximos, médios e mínimos de humidade relativa do ar na época de Maio-Julho	49
Figura 3.5 – Concentração de dióxido de carbono na época de Janeiro-Abril	50
Figura 3.6 – Concentração de dióxido de carbono na época de Maio-Julho	50
Figura 3.7 – Concentração média de amoníaco na época de Janeiro-Abril	51
Figura 3.8 – Concentração média de amoníaco na época de Maio-Julho	52
Figura 3.9 - Entrada de ar inferior	54
Figura 3.10 – Pormenor da pastilha de fumo durante a sua combustão	54
Figura 3.11 – Pormenor do fumo a entrar na sala pela entrada de ar inferior	54
Figura 3.12 – Mistura gradual do fumo com o ar no interior da sala	55
Figura 3.13 – Mistura gradual do fumo com o ar no interior da sala	55
Figura 3.14 – Fumo a ser sugado pelos ventiladores, ao fundo da sala	55

Figura 3.15 – Fumo a entrar na sala através da entrada de ar superior (janela)	56
Figura 3.16 – Circulação do ar no centro de um parque, verificado com tubos de fumo e bomba manual	56
Figura 3.17 – Representação esquemática da circulação do ar no interior da sala de aleitamento artificial, desde que entra pela entrada de ar inferior, até que sai pelas condutas de ventilação	57
Figura 3.18 – Concentrações de N_K na época de Maio-Julho	59
Figura 3.19 – Concentrações de $N - NH_4^+$ na época de Maio-Julho	60
Figura 3.20 – Valores de pH na época de Maio-Julho	60
Figura 3.21 – Valores da condutividade eléctrica na época de Maio-Julho	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Raio dos pontos de gravidade utilizados para efectuar a medição da velocidade do ar na conduta	36
Tabela 3.1 – Velocidades mínimas do ventilador 1 (m/s), em cada uma das 20 medições (4 leituras (N, S, E, O) por área para as cinco coroas consideradas)	53
Tabela 3.2 – Velocidades mínimas do ventilador 2 (m/s), em cada uma das 20 medições (4 leituras (N, S, E, O) por área para as cinco coroas consideradas)	53
Tabela 3.3 - Velocidades máximas do ventilador 1 (m/s), em cada uma das 20 medições (4 leituras (N, S, E, O) por área para as cinco coroas consideradas)	53
Tabela 3.4 - Velocidades máximas do ventilador 2 (m/s), em cada uma das 20 medições (4 leituras (N, S, E, O) por área para as cinco coroas consideradas)	53
Tabela 3.5 – Resultados das análises aos dejectos da época Janeiro-Abril	58
Tabela 3.6 – Resultados das análises aos dejectos da época Maio-Julho	59
Tabela 3.7 – Valores médios de azoto amoniacal e de condutividade eléctrica nas amostras com e sem desinfectante, nas análises da época de Maio-Julho	62
Tabela 3.8 – Número de animais que ocupam a instalação na situação de mínimo do Inverno, o seu peso e produção de vapor de água	66
Tabela 3.9 – Número de animais que ocupam a instalação na situação de média do Inverno, o seu peso e produção de vapor de água	67
Tabela 3.10 - Número de animais que ocupam a instalação na situação de mínimo do Inverno, o seu peso e produção de dióxido de carbono	69
Tabela 3.11 - Número de animais que ocupam a instalação na situação de média do Inverno, o seu peso e produção de dióxido de carbono	70
Tabela 3.12 - Número de animais que ocupam a instalação na situação de máxima do Verão, o seu peso e produção de calor	74
Tabela 3.13 - Número de animais que ocupam a instalação na situação média do Verão, o seu peso e produção de calor	75

LISTA DE SÍMBOLOS

<u>Símbolo</u>	<u>Descrição</u>	<u>Unidades</u>
A	área	m^2
C	caudal de ventilação	m^3/h
D	produção de dióxido de carbono por animal	m^3/s
D_a	teor de dióxido de carbono no exterior	%
D_{max}	teor máximo de dióxido de carbono	%
F	factor de correcção da temperatura, adimensional	
H_a	humidade absoluta	Kg/m^3
H_{a_e}	humidade absoluta do ar no exterior	Kg/m^3
H_{a_i}	humidade absoluta do ar no interior	Kg/m^3
HR	humidade relativa	%
HR_e	humidade relativa do ar no exterior	%
HR_i	humidade relativa do ar no interior	%
K	coeficiente de condutibilidade térmica	$\text{W}/\text{m } ^\circ\text{C}$
L	espessura	m
n	número de animais, adimensional	
PV	peso vivo dos animais	Kg
q_a	produção de calor por animal	W
R	resistência térmica	$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$
R_a	resistência térmica de espaço de ar	$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$
R_e	resistência térmica de passagem exterior	$\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$

R_i	resistência térmica de passagem interior	$m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$
R_m	razão de mistura	Kg/Kg
R_{m_e}	razão de mistura do ar no exterior	Kg/Kg
R_{m_i}	razão de mistura do ar no interior	Kg/Kg
t	temperatura	$^\circ\text{C}$
t_e	temperatura exterior de projecto	$^\circ\text{C}$
t'_e	temperatura do ar	$^\circ\text{C}$
t_i	temperatura do ar no interior	$^\circ\text{C}$
t_{\max}	temperatura máxima absoluta	$^\circ\text{C}$
t_{sa}	temperatura sol-ar	$^\circ\text{C}$
t'_{sa}	temperatura sol-ar tabelada	$^\circ\text{C}$
U	transmitância térmica	$\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
Ve	volume específico	m^3/Kg
Ve_e	volume específico do ar no exterior	m^3/Kg
Ve_i	volume específico do ar no interior	m^3/Kg
V_{pa}	caudal de vapor de água	g/s
γ	coeficiente de majoração, adimensional	
λ	calor latente de vaporização de água	J/g
Φ_{at}	produção total de calor	W
Φ_l	produção de calor latente	W
Φ_s	produção de calor sensível	W
\bar{t}_{\max}	temperatura máxima média	$^\circ\text{C}$

Introdução

Cada vez mais a produção animal é feita em explorações intensivas, caracterizadas pela existência de edifícios fechados e grandes densidades populacionais. Assim, torna-se importante para o bem estar dos animais que o ambiente em que se encontram seja o mais adequado possível e que as instalações funcionem no máximo da sua eficiência, nomeadamente no que diz respeito à temperatura ambiente dos edifícios e à concentração de gases dentro dos mesmos, para que não haja perdas no rendimento da exploração. Para o produtor o principal objectivo é a maximização dos resultados económicos e, dado o actual panorama nacional relativamente ao sector pecuário, é fundamental aumentar a produtividade e diminuir as despesas na exploração. Se as condições ambientais não forem as ideais, a produtividade diminui e as despesas em tratamento de doenças derivadas das mesmas serão mais elevadas, com um consequente desperdício de recursos.

A ideia inicial deste trabalho surgiu do facto de se suspeitar da existência de um ambiente menos adequado numa sala de aleitamento artificial para cabritos, na exploração Barão & Barão, aquando de uma visita de estudo à mesma por parte de docentes e alunos de Engenharia Zootécnica do Instituto Superior de Agronomia.

Os caprinos são animais poliéstricos sazonais de dias curtos e, como tal, existem épocas em que os partos são mais abundantes, sobretudo em raças exóticas, que são mais sazonais que as autóctones. Isto leva a que a ocupação do edifício não seja uniforme o que, em conjunto com as variações climáticas anuais, dificulta a tomada de decisões relativamente a uma melhoria do condicionamento ambiental numa unidade de produção.

Os cabritos, durante as primeiras semanas de vida, são animais que, por serem muito novos, são muito mais sensíveis à temperatura, humidade e concentração de poluentes. Assim, é fundamental que o produtor conheça estes factores na sua exploração, para que não surjam doenças ou problemas de bem estar dos animais.

O objectivo deste trabalho foi a monitorização e controlo da qualidade do ar interior na instalação objecto de estudo e apresentar propostas de melhoria, de modo a otimizar a utilização dos recursos. Os parâmetros estudados foram a temperatura, humidade, o dióxido de carbono e o amoníaco. Foram também realizadas análises a dejectos dos cabritos, para avaliar a eficácia de utilização de um desinfectante comercial (D-39) na diminuição do teor de amoníaco no ar do interior da instalação, contribuindo para a melhoria do bem estar dos animais.

1. Revisão Bibliográfica

1.1. Condições Ambientais

A interacção entre a qualidade do ar e a saúde dos animais está relacionada com os sistemas de produção animal habitualmente utilizados. Muitos sistemas de produção actuais envolvem animais similares do ponto de vista genético submetidos a uma pressão ambiental considerável, caracterizada por altas densidades populacionais e por altas taxas de crescimento. A probabilidade de transmissão de doenças é alta e qualquer pressão ambiental que possa comprometer a condição imunitária dos animais pode ser considerada um problema de produção (Kelley, 1985 *cit in* CIGR, 1994).

Uma vez que os animais são muitas vezes alojados em edifícios fechados, o seu bem-estar e desenvolvimento depende em grande escala da gestão, por parte do produtor, do seu ambiente total. O ambiente total inclui o ambiente aéreo (temperatura do ar, distribuição do ar e contaminantes, por exemplo), o ambiente estrutural (o edifício propriamente dito) e o ambiente social (interacções entre animais, e entre animais e Homem). Todos são interdependentes e os animais podem ser afectados, positiva ou negativamente, por modificações que ocorram num ou na totalidade dos três componentes do ambiente total (Boon, 1992).

É sobre o primeiro componente do ambiente total que nos iremos debruçar aqui, nomeadamente sobre a temperatura, a humidade relativa e a concentração de gases.

1.1.1. Temperatura do ar, trocas de calor e zona de neutralidade térmica

A temperatura do ar em alojamentos para animais é importante, uma vez que influencia factores como a taxa de metabolismo, a eficiência de produção pelos animais e até o seu bem-estar. É, por isso, importante entender as trocas de calor entre os animais e o microclima dos alojamentos, e entre o microclima dos alojamentos e o ambiente exterior, independentemente de os animais estarem alojados por razões climáticas ou de manejo (Charles, 1981; Clark e Cena, 1981 ambos *cit in* Clark e MacArthur, 1994).

Os animais são homeotérmicos (de sangue quente) ou poiquilotérmicos (de sangue frio). Os homeotérmicos, onde se incluem os caprinos, são caracterizados pela sua capacidade de controlar a temperatura corporal desde que o ambiente circundante não atinja extremos. A temperatura “central”, isto é, a temperatura corporal interna, permanecerá estável para uma gama de condições ambientais mas ocorrerá morte em extremos de hipotermia (temperatura baixa) ou hipertermia (temperatura elevada) (FarmElectric, 1990), representadas por A e F na Figura 1.1, respectivamente.

A temperatura do corpo de um animal homeotérmico é relativamente constante, mas as várias partes do corpo têm diferentes temperaturas. Os órgãos, no núcleo do corpo, possuem taxas metabólicas mais elevadas do que os músculos esqueléticos na parte mais externa do corpo, excepto durante o exercício, tremores ou exposição a ambientes circundantes extremamente quentes. Deste

modo, e uma vez que é libertado calor com o metabolismo, o núcleo do corpo é normalmente mais quente que a parte mais externa (Curtis, 1983a).

O corpo de um animal adulto é formado por 70% de água. Animais mais jovens têm um conteúdo em água ainda mais elevado. Dado que o calor específico da água é relativamente elevado, a capacidade térmica do corpo de um animal é relativamente grande. Isto significa que um animal tem de perder ou ganhar uma quantidade relativamente grande de calor antes que a sua temperatura corporal varie consideravelmente. Assim, o alto conteúdo em água possibilita a homeotermia do animal; a água mantém a temperatura corporal contra as alterações da temperatura ambiental (Curtis, 1983a).

A troca contínua de calor entre o animal e o ambiente que o circunda é uma consequência inevitável das diferenças de temperatura entre o interior do animal e o meio em que se encontra. Para manter uma temperatura corporal interna estável, a taxa a que o corpo ganha calor deve ser equilibrada pela taxa à qual o calor é dissipado. A falha em conseguir este equilíbrio alteraria o conteúdo de calor do corpo e, consequentemente, a sua temperatura (Clark e MacArthur, 1994).

A homeotermia depende do equilíbrio entre as quantidades de calor que o animal produz metabolicamente (M), recebe do ambiente (G) e perde para o ambiente (L), durante um dado período de tempo:

$$M + G = L$$

No entanto, esta simples equação de balanço térmico é de uso limitado, excepto como indicador do balanço térmico num dado instante. Se a temperatura do corpo for absolutamente constante ao longo do tempo, o calor gerado internamente mais o calor ganho do ambiente terá de ser precisamente compensado continuamente pelas perdas de calor para o ambiente. Mas a temperatura corporal varia ao longo do tempo, por isso outras propriedades térmicas do corpo devem ser consideradas (Curtis, 1983a; Meneses, 1985).

Os animais homeotérmicos ganham calor principalmente através da sua própria actividade metabólica: eles geram calor pelo metabolismo oxidativo da proteína, lípidos e hidratos de carbono no seu corpo. A taxa de metabolismo depende do nível alimentar (Graham *et al.*, 1959; Webster, *et al.* 1976 ambos *cit in* Clark e MacArthur, 1994), mas é também influenciada pela actividade muscular (Tucker, 1970 *cit in* Clark e MacArthur, 1994) e pela temperatura ambiente (Bianca, 1976; Blaxter, 1977 ambos *cit in* Clark e MacArthur, 1994). Apesar de os animais no exterior conseguirem também ganhar quantidades substanciais de calor durante o dia por absorção da radiação solar (Cena, 1974 *cit in* Clark e MacArthur, 1994), este ganho é normalmente insignificante no interior de um edifício.

As perdas de calor para o ambiente ocorrem por duas vias:

- por transferência de calor sensível para o ar e superfícies circundantes por convecção, condução e radiação térmica;
- por transferência de calor latente associado com a perda de vapor de água através da superfície corporal e do sistema respiratório (Clark e MacArthur, 1994).

Convecção:

A maior parte da transferência de calor por convecção ocorre entre a superfície externa do corpo e o ambiente circundante, sendo a sua taxa determinada por dois factores: a diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente, e o isolamento térmico que a camada de ar junto ao corpo fornece. Normalmente a temperatura do corpo é mais elevada que a do ar circundante, e a transferência de calor por convecção representa uma perda de energia. No entanto, em alguns casos a superfície corporal arrefece a uma temperatura abaixo da temperatura ambiente, de forma a que haja um ganho de calor do ar para o corpo por convecção. Os animais também perdem calor por convecção através dos seus sistemas respiratórios, uma vez que o ar expirado é normalmente mais quente que o ar inspirado. O calor adicionado ao ar pela respiração depende da taxa de ventilação do sistema respiratório, tal como do aumento da temperatura. A taxa à qual os animais perdem calor por esta via é uma fracção pequena (cerca de 3%) da sua perda total de calor às temperaturas mais comuns. Consequentemente, o erro provocado por negligenciar as perdas de calor por convecção através do sistema respiratório é normalmente insignificante (Clark e MacArthur, 1994).

Condução:

A transferência de calor por condução dá-se entre o animal e qualquer superfície (em particular o pavimento) com o qual está em contacto. Os animais que se encontram em pé perdem quantidades insignificantes de calor por condução, uma vez que a área de contacto é reduzida. No entanto, as perdas de calor por condução de um animal deitado podem ser significativas quando o pavimento é feito de um material relativamente bom condutor, tal como o betão (Bruce, 1979; Mount, 1967 ambos *cit in* Clark e MacArthur, 1994).

Radiação:

Os animais recebem quantidades consideráveis de energia a partir do ambiente em que se encontram (das paredes, pavimento, etc.) e dos outros animais. A emissão de radiação a partir da

superfície externa do corpo dos animais excede normalmente a recepção de radiação das superfícies mais frias do edifício, resultando numa perda líquida de energia radiante. A velocidades do ar baixas, típicas do ambiente em alojamentos para animais (e nas nossas próprias habitações), a taxa de perda de calor por troca radiativa é tão importante como a convecção, especialmente em animais grandes (Clark e MacArthur, 1994).

Evaporação:

O calor latente de vaporização da água (λ) é alto, cerca de 2500J/g. Tal como a maioria dos homeotérmicos, os animais domésticos dependem da evaporação da água como meio de dissipar o calor metabólico em condições quentes, quando as perdas de calor sensível são limitadas por pequenas diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente circundante. Em particular, a taxa de perda de calor evaporativo aumenta progressivamente quando a temperatura do ar se eleva acima da temperatura crítica inferior. Algumas espécies respondem às temperaturas elevadas com respiração curta e ofegante, aumentando, portanto, a taxa de perda de vapor de água a partir do seu sistema respiratório. Outras espécies suam livremente em resposta ao calor, e a evaporação subsequente desta humidade transporta o calor para fora da superfície da pele. Existem espécies que tanto suam como arquejam (Clark e MacArthur, 1994).

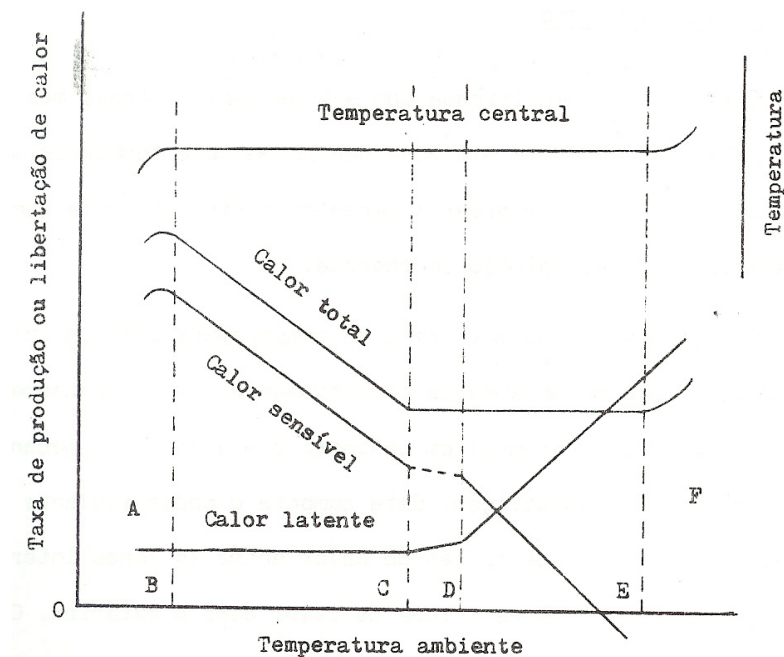


Figura 1.1 – Diagrama das relações entre produção total de calor, libertação de calor sensível, libertação de calor latente, temperatura central e temperatura ambiente, num homeotérmico (adaptado de Mount, 1974 cit in Meneses, 1985)

A zona de neutralidade térmica corresponde à gama de temperaturas em que a taxa de metabolismo do animal é mínima, constante e independente da temperatura ambiente (Meneses, 1985). Na figura 1.1, está representada entre C (temperatura crítica inferior) e E (temperatura crítica superior).

A zona estreita, entre as linhas C e D, é denominada “zona de menor esforço termoregulatório”. Dentro desta zona a taxa metabólica é mínima, a perda de calor evaporativo é apenas ligeiramente acima do valor mínimo, e o animal regula o seu balanço térmico basicamente por alterar a circulação sanguínea periférica e, portanto, o isolamento corporal. Idealmente, a temperatura num alojamento para animais deveria estar dentro da zona CD para maximizar a eficiência de produção (Van Kampen, 1981 *cit in* Clark e MacArthur, 1994). Fora da zona CD a eficiência de produção diminui como consequência do *stress* térmico (Charles, 1994).

Em condições ambientais abaixo da temperatura crítica inferior (C), o animal deve aumentar a sua taxa metabólica acima do valor de repouso (por exemplo, tremendo) por forma a equilibrar a taxa à qual o calor é perdido para o ambiente circundante. Nessas condições, a perda de calor ocorre principalmente pela via sensível, as perdas de calor latente são mínimas, o isolamento corporal é máximo, e as taxas de perdas de calor sensível G e de metabolismo M ambas aumentam em proporção da diferença de temperatura entre o interior do corpo e o ar (Clark e MacArthur, 1994).

Quando a temperatura do ar se encontra na zona AB, a taxa de produção de calor metabólico necessário para a homeotermia excede a capacidade máxima de um animal gerar calor (denominado o pico da taxa metabólica). Consequentemente, a perda de calor excede o ganho de calor nesta zona e a temperatura corporal interna diminui. A diminuição da temperatura corporal interna leva a uma diminuição da taxa de produção de calor e causa a hipotermia (Clark e MacArthur, 1994).

Quando a temperatura se eleva acima da temperatura crítica inferior há uma diminuição na proporção do calor metabólico que um animal perde por via sensível para o microclima do edifício (Clark e MacArthur, 1994).

O aumento da taxa metabólica acima de E é consequência da subida da temperatura do interior do corpo e/ou do esforço respiratório (Clark e MacArthur, 1994).

O diagrama acima apresentado não possui escalas, uma vez que é uma representação genérica para animais homeotérmicos. As escalas dependem da espécie considerada e de outros factores, tais como a dimensão corporal e o regime alimentar (CIGR, 1984; Meneses, 1985).

Os animais jovens são muito pequenos em relação aos animais adultos e, consequentemente, apresentam uma grande superfície por unidade de massa corporal. À medida que a massa corporal aumenta durante o crescimento, a sua superfície aumenta em duas dimensões enquanto que a massa aumenta em três. Deste modo, a razão superfície/massa diminui. Por outras

palavras, à medida que um animal cresce, a razão da sua superfície corporal em contacto com a temperatura ambiente em relação à sua capacidade térmica corporal diminui, tornando a homeotermia mais fácil de alcançar. O animal recém-nascido tem uma superfície em contacto com o ambiente tão grande relativamente à sua capacidade térmica que uma pequena alteração na taxa tanto de perda como de ganho de calor se reflete numa alteração relativamente grande da temperatura corporal (Curtis, 1983a).

Devido à superfície corporal ser relativamente grande e ao isolamento térmico ser relativamente pequeno em recém-nascidos, a sua temperatura crítica inferior é bastante elevada ao nascimento e diminui com a idade. Isto significa que, mesmo em ambiente relativamente quente (pelo padrão de um animal adulto), o recém-nascido pode estar em *stress* devido ao frio e pode ter de aumentar a sua taxa de produção de calor acima do nível mínimo (Curtis, 1983a). Assim, e segundo Andrada (1996), o escasso isolamento térmico inicial que o pêlo e a gordura corporal proporcionam ao cabrito recém-nascido determina que, nas primeiras horas de vida, este necessite de temperaturas entre 25 e 30°C, na primeira semana de temperaturas de 18 a 20°C e de cerca de 15°C nas semanas seguintes e até ao desmame, embora outros autores refiram valores diferentes para as temperaturas ideais nas mesmas idades.

O diagrama seguinte, publicado pelo Institut d'Elevage, apresenta as gamas de temperaturas ideais para cabritos recém nascidos e até às 3 semanas de idade (www.inst-elevage.asso.fr):

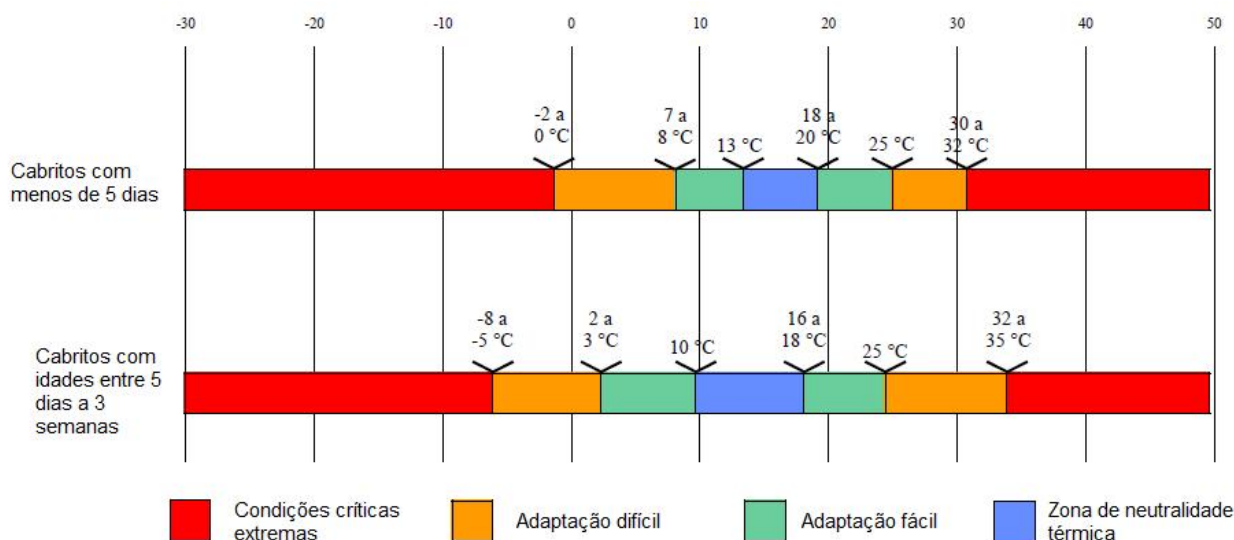


Figura 1.2 – Temperaturas críticas e zona de neutralidade térmica em cabritos (adaptado de www.inst-elevage.asso.fr)

1.1.2. Humidade relativa

A temperatura ambiental e a humidade relativa são variáveis importantes nas especificações do projecto para instalações de alojamento para animais por causa do seu papel na termorregulação e aumento da produtividade (Seedorf *et al.*, 1998b).

Os animais domésticos são bastante tolerantes a uma larga faixa de valores de humidade relativa, com recomendações de 50-90% HR (Hartung, 1994). Valores de menos de 40% devem ser evitados, uma vez que a produção de poeiras aumenta e as membranas das mucosas do tracto respiratório superior podem tornar-se secas, tendo ambas as razões efeitos adversos nas defesas do sistema respiratório (Pringle, 1981; Seedorf *et al.*, 1998b).

A humidade relativa elevada, superior a 80%, é mal suportada pelo gado caprino aparecendo especialmente o seu efeito negativo quando coincidem com temperaturas muito baixas ou muito altas. No primeiro caso, com temperaturas muito baixas e humidades muito elevadas, potencia-se a acção do frio, e no segundo caso, com temperaturas e humidades muito elevadas, altera-se o mecanismo de eliminação de calor (não há libertação de calor sensível devido à pequena diferença de temperaturas entre o animal e o ambiente, e a libertação de calor latente é também dificultada pelos valores elevados de humidade no ar), dificultando-se a respiração e reduzindo-se a transpiração dos animais, ao mesmo tempo que se favorece o desenvolvimento microbiano no alojamento. Nestes casos convém diminuir a humidade até uns 50 ou 60% forçando a ventilação e, se isto não for possível, ter-se-á de actuar sobre a temperatura (Andrada, 1996).

1.1.3. Concentração de Gases

Nas instalações para animais são produzidos vários gases nocivos, sendo os mais importantes o dióxido de carbono, o amoníaco, o ácido sulfídrico, o metano, o dióxido de enxofre e o monóxido de carbono. Em condições normais, os dois primeiros são os únicos que podem atingir concentrações consideráveis em instalações para cabritos.

1.1.3.1. Dióxido de carbono

O dióxido de carbono é produzido pela respiração dos animais (CIGR, 1984) e pela decomposição de dejectos.

É um gás sem cor nem odor que é consideravelmente mais pesado que o ar (densidade de 1,98g/L a 0°C comparado com 1,29g/L do ar) e altamente solúvel em água (Muehling, 1970).

A qualidade do ar pode ser verificada através da concentração deste gás no ar, devendo essa concentração ser tão baixa quanto possível. A concentração de gases poluentes é normalmente expressa em partes por milhão em volume, abreviado por ppm. Uma parte por milhão representa um volume do poluente por um milhão de volumes de ar. Às vezes as concentrações são expressas em peso do gás por unidade de volume, por exemplo, em microgramas por metro cúbico (Curtis, 1983a). O ar expelido dos pulmões contém 40 000-60 000 ppm (CIGR, 1984). A concentração padrão do ar exterior é de 300 ppm enquanto que a concentração máxima recomendada no interior é de 3000 ppm (Curtis, 1983a; CIGR, 1984; Meneses, 1987).

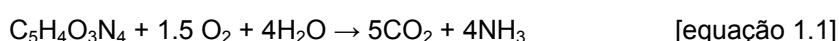
É frequentemente utilizado para quantificar o caudal mínimo de ventilação na “Situação de Inverno”, particularmente em pavilhões de frangos.

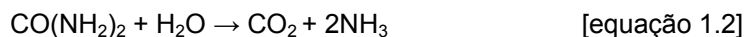
Sendo um gás mais pesado que o ar, o principal perigo será o CO₂ concentrar-se em grande quantidade abaixo do oxigénio, obrigando este último a elevar-se acima do nível dos animais e contribuindo para um défice de oxigénio, ou mesmo asfixia em casos extremos (Muehling, 1970; Meneses, 1987). Apesar de tudo, a sua concentração no interior dos edifícios raramente se aproxima sequer de níveis que ponham em perigo o bem-estar dos animais (Muehling, 1970; Curtis, 1983a; Meneses, 1987).

1.1.3.2. Amoníaco

O amoníaco é libertado a partir da decomposição anaeróbia da matéria orgânica dos dejectos dos animais (Muehling, 1970; Heber *et al.*, 2000), sobretudo de compostos azotados.

O azoto é excretado na forma de ureia na urina dos mamíferos, e de ácido úrico nas aves. A conversão do azoto tanto na forma de ureia como na forma de ácido úrico requer a enzima urease, que é excretada nas fezes (Hartung, 1992; Becker e Graves, 2004). Os processos de degradação bioquímica do ácido úrico [equação 1.1] e ureia [equação 1.2] são complexos, mas podem ser simplificados (Groot Koerkamp *et al.*, 1998):





Assim, a decomposição destes compostos resulta na formação de amoníaco e dióxido de carbono.

A forma azotada libertada existe predominantemente na forma de ião amónio (NH_4^+) em condições ácidas ou neutras, ou na forma de NH_3 a níveis de pH mais elevados (Figura 1.3; Becker e Graves, 2004).

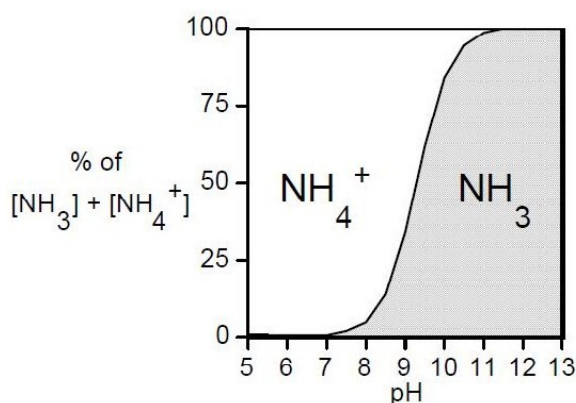


Figura 1.3 – *Relação entre o amoníaco (NH_3) e o ião amónio (NH_4^+) em função do pH, adaptado de Becker e Graves (2004)*

A relação entre NH_4^+ , o NH_3 e o pH desempenha um importante papel na determinação das diferentes formas de azoto excretado. O ião NH_4^+ é muito solúvel em água, pelo que não é prontamente volatilizado dos dejectos, enquanto que o NH_3 é rapidamente convertido numa forma gasosa e emitido. A taxa de volatilização do NH_3 é influenciada pelas concentrações de NH_3 e ureia dos dejectos, temperatura, velocidade do ar, área de superfície, humidade (Becker e Graves, 2004) e pH.

O nível máximo de amoníaco permitido em edifícios ocupados por animais é de 20 ppm (CIGR, 1984; Boon, 1992), embora Andrada (1996) refira que, no caso particular dos cabritos, o limite é de 5 ppm.

O amoníaco é um gás que não tem cor mas tem um odor característico, que pode ser detectado a concentrações superiores a 5 ppm (Meneses, 1985). É mais leve que o ar (densidade de 0,77g/L comparado com 1,29g/L do ar) e é muito solúvel em água (Muehling, 1970). Quando a sua

concentração no ar é elevada provoca irritações na mucosa ocular e nas vias respiratórias, e os animais apresentam lacrimejar, tosse, mucosidades nasais, etc. (Andrada, 1996).

Apenas uma pequena parte do amoníaco inalado chega aos pulmões. É tão solúvel em água que é absorvido do ar directamente para o vapor de água que cobre toda a superfície do tracto respiratório superior. No entanto, se o amoníaco for absorvido por partículas de pó (ou de água nelas contida) que forem de tamanho que possa atingir os pulmões, então a poeira servirá de veículo para aumentar o impacto na região pulmonar (Curtis, 1983a).

1.2. Ventilação

O objectivo principal de um sistema de ventilação é fornecer um ambiente no qual a saúde dos animais é mantida e a produtividade satisfatória. A necessidade de ventilação é regida por dois princípios: a taxa de ventilação máxima é necessária para prevenir hipertermia, enquanto que a taxa de ventilação mínima está definida para garantir um ambiente térmico e aéreo aceitáveis para o desenvolvimento dos animais (Maton *et al.*, 1985; FarmElectric, 1990; Charles, 1994; Groot Koerkamp, 1998).

O desempenho de um sistema de ventilação pode ser avaliado pela sua capacidade de controlo da temperatura do ar, humidade relativa e velocidade do ar à altura dos animais, e de manter aceitáveis as concentrações de gases, poeiras e microrganismos transportados pelo ar (Wathes *et al.*, 1983 *cit in* Seedorf *et al.*, 1998a). A taxa de ventilação determina também a emissão de poluentes do ar do edifício para o exterior e o projecto do sistema de ventilação é um factor determinante no impacte ambiental de uma instalação para o alojamento de animais (Seedorf *et al.*, 1998a).

Conforme um sistema de ventilação necessite ou não de energia mecânica para funcionar, é classificado como ventilação forçada ou como ventilação natural, respectivamente.

1.2.1. Ventilação Natural

A ventilação natural é baseada no princípio físico de impulsão térmica ou do efeito-chaminé, e do efeito do vento.

1.2.1.1. Efeito-chaminé

O princípio do efeito-chaminé é baseado no facto de o peso específico do ar mais frio que entra num edifício ser maior do que o ar mais quente e poluído, e portanto empurra o último para cima, onde deve ser removido. A diferença da gravidade específica entre o ar sujo e o ar fresco é dominante para o funcionamento da ventilação natural (Gago da Câmara, 1976; Maton *et al.*, 1985), por impulsão térmica.

O tempo mais frio vai proporcionar uma ventilação mais forte enquanto que na realidade, por questões de conforto térmico, a necessidade de ventilação é menor. Pelo contrário, no Verão, com o tempo mais quente, as possibilidades de ventilação serão restritas devido à pequena diferença de temperatura, enquanto que as necessidades de ventilação, pelas questões acima mencionadas, tenderão a ser as maiores (Maton *et al.*, 1985).

A altura desde o nível das entradas de ar até ao cimo da saída de ar é de grande importância no sistema de corrente de ar natural. Quanto maior a diferença entre estas alturas, melhor a ventilação irá funcionar. Uma grande diferença de alturas pode ser obtida instalando entradas de ar fresco o mais baixo possível e utilizando a maior elevação do telhado. No entanto, as entradas de ar não devem ser colocadas demasiado em baixo, uma vez que a probabilidade de existirem correntes de ar em direcção aos animais se torna maior (Maton *et al.*, 1985).

A diferença de pressão correspondente ao efeito-chaminé pode calcular-se através da expressão (Fournaraki *et al.*, 1970 *cit in* Gago da Câmara, 1976):

$$\Delta p = 4,2 \times 10^{-3} \Delta h \Delta t \quad \text{[equação 2.1]}$$

Sendo Δp a diferença de pressão resultante (expressa em mm H₂O), Δh a diferença de nível entre os eixos das aberturas de entrada e de saída de ar (expressa em m), e Δt a diferença de temperatura entre o ambiente interior (t_i) e o ambiente exterior (t_e), expressa em °C. Assim, e como se pode depreender da equação 2.1, o efeito-chaminé é função de Δh e da diferença de temperatura Δt , o que explica a menor eficiência do sistema em situações de meia estação ou de Verão, em que t_i se aproxima bastante de t_e .

O movimento do ar em edifícios para animais é causado por diferenças de pressão, que são iniciadas por fontes tais como a produção de calor pelos animais, a superfície fria de estruturas e, em algumas circunstâncias, aquecedores e vento do exterior (CIGR, 1994; Randall e Boon, 1994). Os movimentos do ar são também criados por jactos de ar que entram pelas entradas de ar. A influência de aberturas de saída nos movimentos do ar num determinado espaço é limitado a cerca de duas vezes o diâmetro das aberturas (CIGR, 1994; Andrada, 1996).

A temperatura e a velocidade do ar que entra num edifício relativamente ao ar que já lá se encontrava pode ter um efeito drástico nos gradientes de temperatura do ar e nos padrões de circulação de ar dentro da estrutura (Figura 1.4). O ar frio que entra com pouca velocidade cai logo depois da entrada enquanto que a velocidades maiores mantém o impulso na forma de corrente e consegue viajar distâncias consideráveis a um nível elevado até se misturar com o ar do edifício.

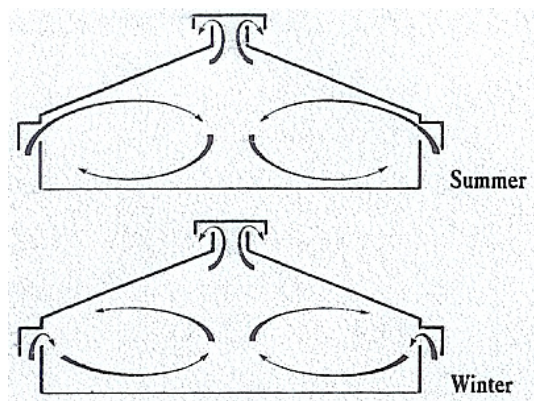


Figura 1.4 – *Padrões de circulação do ar em condições de Verão e Inverno, adaptado de FarmElectric (1990)*

Estas duas condições podem manifestar-se no mesmo edifício com o mesmo sistema de ventilação, mas em diferentes alturas do ano (FarmElectric, 1990).

1.2.1.2. Acção do vento

As diferenças de pressão que existem na atmosfera, devidas às diferenças no aquecimento da mesma, originam o vento. O ar desloca-se das zonas de altas pressões para as zonas de baixas pressões, movimento este que é influenciado pela força de Coriolis. A configuração da superfície terrestre, com as suas irregularidades (vegetação, edifícios, etc.), condicionam a variação da velocidade do vento em altitude, também designada por perfil do vento. O ar, ao encontrar estas irregularidades, experimenta uma variação da direcção local e de velocidade em altitude (Meneses, 1985; Pinto Nogueira e Alexandre, 2008).

Sob a acção do vento desenvolve-se, na fachada que se encontra a barlavento, um campo de pressões positivas (zona de sobrepressão), enquanto que nas paredes laterais e na fachada oposta o campo de pressões geradas é negativo (zona de sobressão) (Gago da Câmara, 1976; Pinto Nogueira e Alexandre, 2008; Figura 1.5).

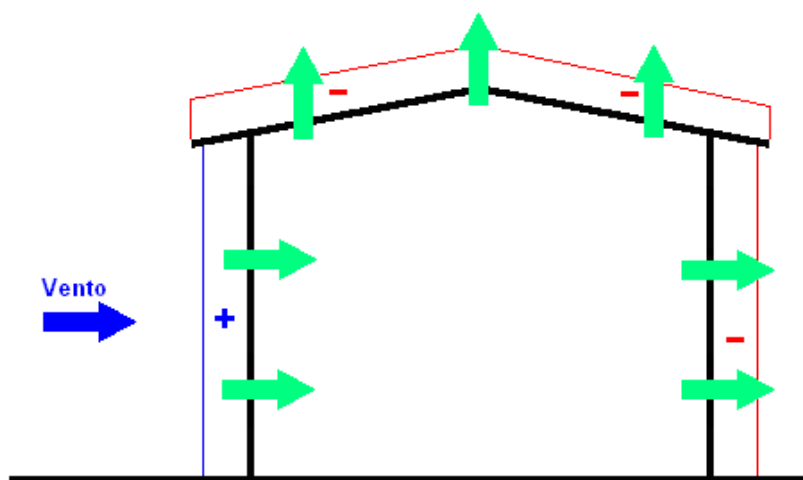


Figura 1.5 – *Gradiente de pressões devido ao efeito do vento (adaptado de Pinto Nogueira e Alexandre, 2008)*

Na situação da figura 1.6, ao fazer-se uma abertura na parede do lado da zona de altas pressões, o ar, ao penetrar no recinto, tem tendência a manter a direcção que lhe é dada pelas diferenças de pressão a montante e pela forma da abertura de entrada antes de infectirem para o orifício de saída.

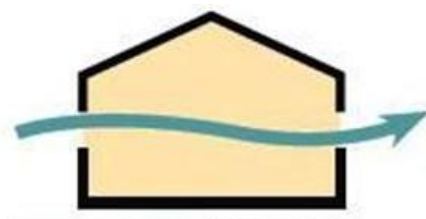


Figura 1.6 – *Representação esquemática da acção do vento na formação de uma corrente de ar, entre a fachada exposta de um edifício e a oposta, por diferença de pressão (adaptado de www.constructiontn.com)*

Se a abertura estiver assimetricamente situada, a pressão será maior num lado do que no outro, sendo o ar deflectido para o lado oposto àquele onde a pressão é maior, o que acontece também no plano vertical (Figura 1.7).

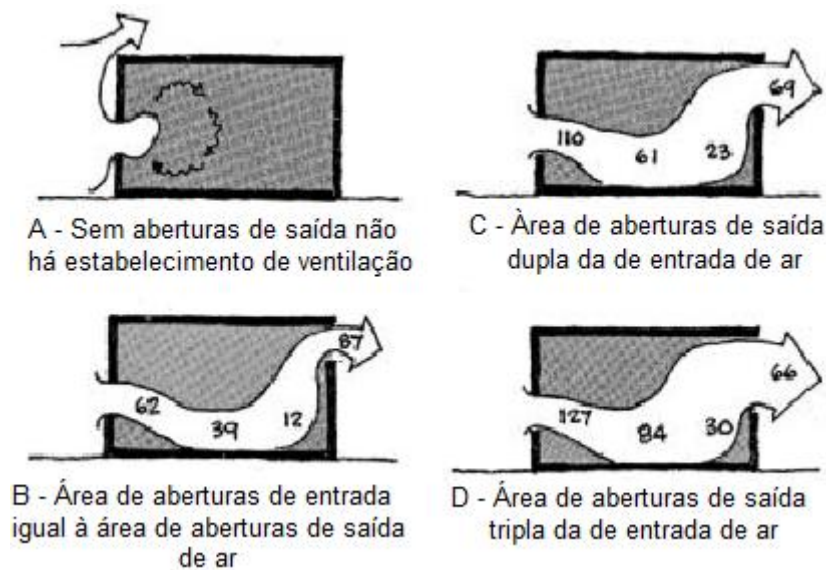


Figura 1.7 – Esquema representativo (tanto no plano horizontal como no vertical) da influência que, tanto a posição relativa como a relação entre as áreas de entrada e de saída de ar, têm na velocidade de circulação e no espaço ventilado (adaptado de www.cce.ufl.edu)

Segundo a ASHRE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.) em “Handbook of Fundamentals” (*cit in* Gago da Câmara, 1976), a avaliação do caudal de ar (C) admitido num edifício devido à acção do vento pode ser feita através da seguinte expressão:

$$C = 3600 c_d A_e v_v \quad [\text{equação 2.2}]$$

Sendo c_d o coeficiente de descarga das aberturas de entrada de ar (adimensional), A_e a área de aberturas de entrada de ar (m^2) e v_v a velocidade do vento (m/s). O caudal de ar (C) é expresso em m^3/h .

1.2.2. Ventilação Forçada

A ventilação forçada distingue-se da ventilação natural pela origem da energia requerida para fornecer ventilação. A ventilação forçada é levada a cabo por meio de energia eléctrica e a ventilação natural não é, ou apenas em pequena escala, aplicada (Maton *et al.*, 1985).

Este tipo de ventilação realiza-se com base em dispositivos mecânicos (ventiladores) que, uma vez accionados, provocam a formação de movimentos de massas de ar dirigidas.

Existem fundamentalmente três tipos de ventiladores: o centrífugo, o helicoidal e o axial. Os ventiladores axiais são os que mais frequentemente equipam as instalações destinadas ao alojamento de animais, devido essencialmente ao seu elevado rendimento, à sua compacidade e à sua facilidade de manutenção (Gago da Câmara, 1976; Pringle, 1981).

O ventilador, uma vez em funcionamento, põe em movimento a massa de ar contígua, originando de um lado uma zona de depressão e do outro uma zona de sobrepressão, de tal forma que, quando colocado, por exemplo, num elemento de parede, origina ou a extracção do ar viciado ou a admissão de ar fresco, consoante as suas características construtivas o determinarem (Gago da Câmara, 1976).

Existem quatro sistemas possíveis para a ventilação forçada:

- Ventilação por extracção ou depressão:

Este é o método convencional de ventilação forçada uma vez que é fácil de efectuar e dá resultados satisfatórios. Com a ventilação por extracção o ar sujo é extraído do edifício através de ventiladores, pelo que é criado um ligeiro vácuo no interior, que irá obrigar o ar fresco do exterior a entrar pelas entradas de ar (Figuras 1.8, 1.9 e 1.10). Os ventiladores podem ser montados nas condutas das chaminés existentes na cumeeira ou perto. As condutas devem ser isoladas para evitar condensação (Maton *et al.*, 1985) em climas mais frios.

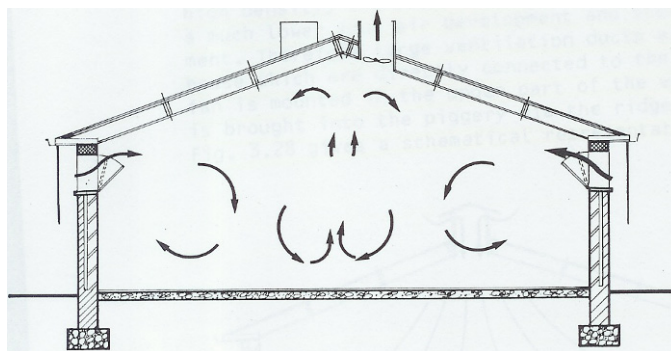
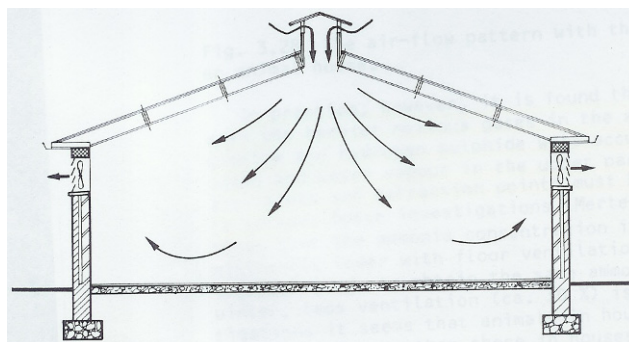
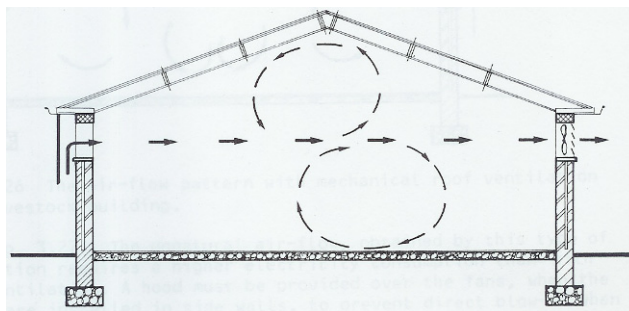


Figura 1.8 – *Padrão do fluxo do ar com ventilação forçada no telhado de um edifício para alojamento de animais, adaptado de Maton et al. (1985)*



Figuras 1.9 e 1.10 – *Movimento do ar com ventilador numa parede lateral (ventilação cruzada) e com ventiladores em ambas as paredes laterais, respectivamente (adaptado de Maton et al., 1985)*

Uma forma especial de ventilação por extracção é a extracção ao nível do pavimento (Figura 1.11), que é efectuada através de uma conduta colocada muito para baixo, junto ao pavimento, e, quando exista pavimento de ripado, mesmo por baixo deste. Desta forma o ar mais poluído é extraído para fora. Esta técnica oferece também a vantagem do ar mais frio ser removido do edifício,

permitindo, assim, uma temperatura ambiental média mais elevada. No entanto, no Verão pode tornar-se bastante quente se a ventilação ao nível do pavimento for utilizada. A extracção através do pavimento de ripado pode produzir um ar muito menos poluído e por isso um ambiente mais agradável. Para isso são construídas condutas de ventilação ao lado do edifício que estão directamente ligados à fossa dos dejectos. Um ventilador adequado é montado na parte superior da conduta de ventilação. O ar fresco é trazido para o interior através da cumeeira ou através das paredes laterais (Maton *et al.*, 1985).

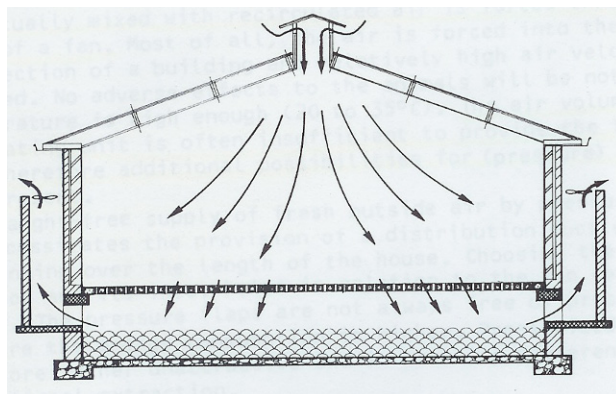


Figura 1.11 – *Padrão do fluxo de ar com um sistema de extracção pelo pavimento num alojamento para animais, adaptado de Maton et al. (1985)*

- Ventilação por injeção ou sobrepressão:

A ventilação por injeção pode ser conseguida forçando o ar fresco a entrar por meio de um ventilador directamente ou através de uma conduta de distribuição de ar no edifício, criando uma ligeira pressão que leva o ar poluído a sair pelas saídas de ar (Figura 1.12). Uma vantagem deste sistema é que possibilita o pré-aquecimento do ar fresco por um aquecedor.

O volume de ar distribuído pela unidade de aquecimento é muitas vezes insuficiente para fornecer a ventilação total, portanto devem existir possibilidades adicionais de ventilação (por pressão) (Maton *et al.*, 1985).

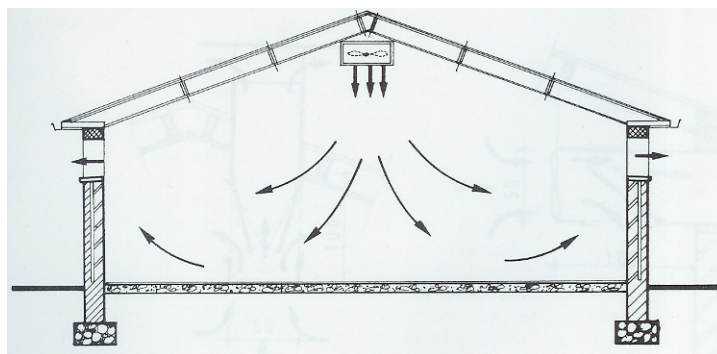


Figura 1.12 – Movimento do ar num alojamento para animais equipado com ventilação forçada por injeção, adaptado de Maton *et al.* (1985)

- Ventilação neutra ou de equilíbrio:

Esta combinação conta com a entrada de ar fresco por um lado e a extracção pelo outro (Maton *et al.*, 1985). Hoje em dia existem já ventiladores com dois conjuntos de hélices que giram em sentidos contrários, e em que um deles traz o ar fresco para dentro do edifício, e o outro expelle o ar poluído para o exterior (Figura 1.13).

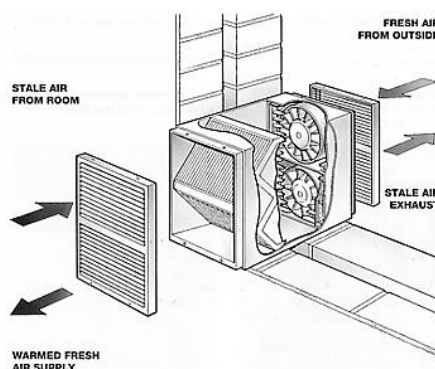


Figura 1.13 – Ventilador neutro, adaptado de <http://www.richards.uk.com/indworks.jpg>

- Ventilação com reciclagem:

Estes sistemas derivam dos sistemas de ventilação por extracção ou pressurizados, dispondo de um dispositivo de reciclagem ajustável em cada ventilador (Maton *et al.*, 1985).

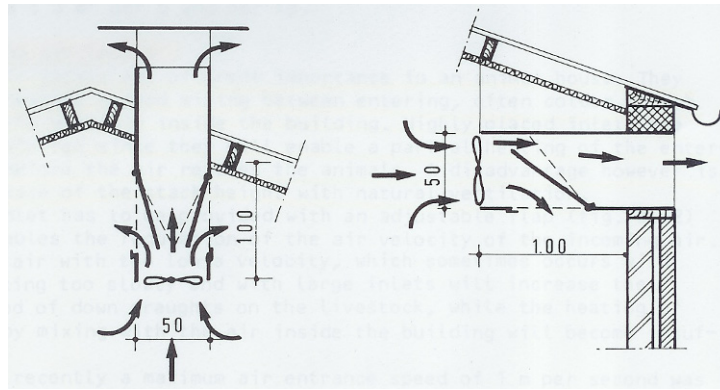


Figura 1.14 – Dois sistemas de ventilação com reciclagem, adaptado de Maton et al. (1985)

As comportas de reciclagem permitem uma regulação contínua desde 100% de ar fresco (100% de ventilação) até 0% de ar fresco (100% de reciclagem). A ventilação por reciclagem é indicada quando a capacidade mínima de ventilação é ainda muito elevada. Esta poderá ser a única maneira de melhorar os sistemas de ventilação existentes com ventiladores de capacidade a mais excedentária, especialmente no Inverno (Maton et al., 1985).

Para uma certa sala, deve ser calculado o fluxo máximo e mínimo de ventilação. O tipo de ventilador(es) (tamanho, diâmetro, velocidade, rpm) deve então ser escolhido para atender a estas necessidades, considerando a sua capacidade para regular o fluxo de ar do sistema de ventilação entre os extremos. Em 1992, a CIGR testou a capacidade de vários ventiladores dos tipos mais comuns e verificou que variava entre 2000-15000 m³/h a uma pressão estática de 20 Pa, diferença que dependia do tamanho (400 a 630 mm de diâmetro) e da velocidade (900 a 1400 rpm). No entanto, actualmente, existem já ventiladores com uma capacidade muito superior, de cerca de 50 000 m³/h.

As necessidades de ventilação mínima dependem do clima exterior e das necessidades de temperatura, humidade relativa e limites de concentrações de gases no alojamento para os animais. Na prática, muitos produtores têm dificuldades em gerir a ventilação mínima no nível adequado. Os problemas podem ser devidos a isolamento insuficiente, construções permeáveis ao ar, equipamentos de ventilação inúteis, uso errado do equipamento ou a combinação de vários factores. Um edifício bem isolado e vedado ao ar é de vital importância para um bom condicionamento (CIGR, 1992).

As desvantagens de um edifício mal vedado são:

- a) Taxa de ventilação mínima muito alta: grandes fendas na construção podem causar uma taxa de ventilação mais elevada que a necessária em ambiente frio e ventoso. A consequência é a temperatura muito baixa em salas sem sistema de aquecimento. Em salas aquecidas o consumo de energia e custos tornar-se-ão muito elevados e a humidade relativa muito baixa se a temperatura for mantida no nível requerido.
- b) Correntes de ar nos animais: os animais localizados perto de fendas grandes na construção estarão expostos a correntes de ar. As correntes de ar de portas que vedam mal são muito comuns. As aberturas entre a porta e o pavimento ocasionam muitas vezes correntes de ar frio ao longo do pavimento. Isto leva a um efeito negativo no balanço de calor dos animais jovens. Em edifícios permeáveis ao ar a pressão negativa é normalmente muito baixa. Assim, a velocidade do ar frio que entra também diminui, e o ar frio, após a entrada, baixa rapidamente podendo atingir os animais (CIGR, 1992).

As funções de um sistema de ventilação são numerosas. Contudo, na maioria das instalações apenas um pequeno subconjunto dessas funções está operacional. Num sistema de ventiladores o controlo mais usual é feito através da temperatura dentro do edifício: se for mais elevada que o valor pré-definido a taxa de renovação de ar é aumentada, reduzindo a temperatura interior. As taxas de ventilação mínimas podem ser baseadas em balanços de vapor de água ou dióxido de carbono (Albright, 1990 *cit in* Randall e Boon, 1994). Se forem conhecidos os critérios para a remoção mínima de vapor de água e a concentração máxima de dióxido de carbono, então duas estimativas para as necessidades de ventilação mínima podem ser feitas (Randall e Boon, 1994). Dessas duas estimativas, utilizamos o caudal de maior valor, por forma a satisfazer as duas condições referidas, o qual, regra geral, é o correspondente à eliminação do excesso de vapor de água (Gago da Câmara, 1976). As taxas de ventilação máximas são definidas pelo salto térmico, ou seja, pela diferença de temperaturas entre aquela verificada na sala e a desejada. Quanto maior for esta diferença, maior é a taxa de ventilação, dentro do valor do salto térmico (geralmente de 4 ou 5 °C).

1.3. Caprinos

Embora se tenha tentado, nos capítulos anteriores, expor as condições ambientais e os sistemas de ventilação dos alojamentos para animais, de uma forma o mais lata possível, ficou, de alguma forma, explícito que o presente trabalho incidiria sobre animais homeotérmicos, mais concretamente os caprinos.

A cabra doméstica (*Capra aegagrus hircus*) é uma sub-espécie domesticada a partir dos caprinos selvagens do Sudoeste Asiático e da Europa de Leste. Os caprinos são membros da família Bovidae e estão intimamente relacionados com os ovinos: ambos pertencem à subfamília Caprinae (<http://archaeology.about.com>).

Pensa-se que os antepassados dos ovinos e dos caprinos actuais se moveram para regiões montanhosas: os ovinos tornaram-se ocupantes especializados das elevações e das planícies próximas, e em saltar e escalar para se defenderem dos predadores; os caprinos adaptaram-se ao terreno muito íngreme onde os predadores estão em desvantagem.

As cabras são das espécies domesticadas há mais tempo. Durante centenas de anos, os caprinos foram criados pelo seu leite, carne, fibras e peles, um pouco por todo o mundo (<http://attra.ncat.org>).

1.3.1. Raças

Existem mais de 300 raças distintas de cabras, mas interessa-nos falar apenas daquelas com que o projecto foi realizado: a *Saanen* e a *Alpina*.



Figura 1.15 – *Cabra da raça Saanen*

A raça *Saanen* (Figura 1.15), de todas as raças caprinas, é a mais expandida mundialmente. É talvez a raça leiteira mais famosa do mundo e é considerada uma das melhores raças para produção de leite, com uma produção média de 3 kg por dia (www.capritec.com.br).

É originária do vale do Saanen, na Suíça. Tem sido exportada para a Alemanha (onde foi rebaptizada com o nome de “branca alemã”), Grã-Bretanha, Holanda, Israel, Austrália, etc. Em muitos destes países possui

livros genealógicos próprios, daí poder apresentar-se com legitimidade a *Saanen* britânica, a *Saanen* alemã, a *Saanen* holandesa, a *Saanen* israelita, a *Saanen* americana e a *Saanen* australiana. Em Portugal existe já um efectivo relativamente grande de cabras *Saanen* (Vieira de Sá, 1990).

A raça *Alpina* (Figura 1.16) tem experimentado uma notável expansão geográfica, não só na Europa mas também nos EUA, o que sem dúvida se deve às suas apreciáveis qualidades leiteiras, aliadas a uma grande rusticidade e manutenção económica, dada a sua pequena estatura. É assim que a raça *Alpina* pode provir de vários países onde tem livro genealógico organizado, sendo as mais notáveis e expandidas a *Alpina* britânica e *Alpina* suíça, além da *Alpina* francesa, evidentemente, a sua verdadeira origem. É uma notável leiteira dando, proporcionalmente ao seu peso vivo, uma quantidade de leite impressionante (Vieira de Sá, 1990), cerca de 2,9 kg diários (www.capritec.com.br).



Figura 1.16 – *Cabra da raça Alpina*

1.3.2. Maneio dos cabritos

No cabrito de raça de aptidão leiteira, a justificação do aleitamento artificial como técnica de criação, baseia-se em primeiro lugar na sua maior rentabilidade, já que o preço alcançado pelo leite de cabra é, normalmente, muito superior ao dos leites de substituição. Deste modo regula-se a oferta do leite de cabra para a indústria queijeira, obtendo-se ao mesmo tempo uns excelentes animais de carne numa idade precoce, graças ao emprego de um sistema de alimentação adequadamente definido (Mowlem, 1992; Sanz Sampelayo, 1996). Assim, os cabritos podem ser retirados das mães logo após o nascimento para serem criados em separado.

É importante que um cabrito ingira uma grande quantidade de colostro o mais cedo possível depois do nascimento. Mesmo que o cabrito seja separado da mãe logo após o seu nascimento, e antes de este ter tempo para mamar, esta deve ser ordenhada para que lhe seja retirado o colostro, que lhe pode ser fornecido num biberão. O colostro vai fornecer energia necessária ao cabrito para o proteger do frio e proporciona protecção contra certas doenças específicas que a progenitora contraiu na exploração ou contra as quais ela foi vacinada. O colostro é também um laxante muito eficiente (Henderson, 1994; Sanz Sampelayo, 1996).

Quando os bebés humanos nascem, eles já têm anticorpos protectores contra doenças específicas que lhes foram transferidos por via placentária, através da corrente sanguínea da mãe. No entanto, em cordeiros, vitelos, cabritos e potros isto não se verifica, uma vez que os anticorpos não são transferidos através da placenta, excepto em certos casos de anomalias. Assim sendo, os

cabritos nascem completamente vulneráveis à doença. É obviamente importante que também recebam alimento rapidamente, uma vez que é frequente nascerem num ambiente frio e hostil no qual morrem facilmente se não se mantiverem quentes ao digerir o colostro e ao libertar a energia que nele contém para produzir calor (Henderson, 1994).

As necessidades de colostro dos cabritos são frequentemente subestimadas pelo produtor. Se o cabrito ingere colostro suficiente para satisfazer as suas necessidades nutricionais, ele obterá o suficiente para satisfazer as suas necessidades de anticorpos, contanto que a sua progenitora foi adequadamente vacinada. Assim, o principal é que o cabrito obtenha todas as suas necessidades nutricionais, e isto vai depender do seu peso ao nascimento e das condições atmosféricas na altura do parto. Obviamente, quanto mais frio, húmido ou ventoso estiver, mais colostro será necessário para assegurar que o animal consegue manter a sua temperatura corporal e evitar que fique hipotérmico (Henderson, 1994).

O aleitamento artificial consiste essencialmente na substituição do leite materno por um alimento líquido capaz de garantir o crescimento e desenvolvimento do animal jovem (Sanz Sampelayo, 1996). Para criar cabritos em larga escala alguns produtores utilizam máquinas automáticas para o aleitamento. Estas máquinas misturam e fornecem leite quente sempre que os cabritos o procuram, através de tetinas montadas na parede dos parques em que se encontram, e que estão ligadas à máquina através de tubos estreitos. Estas máquinas permitem consideráveis poupanças de mão-de-obra na criação de cabritos. O único problema que foi encontrado foi que, como as máquinas distribuem leite quente, há o risco dos cabritos beberem demasiado. Se isso acontecer eles podem ficar com diarreia. Isto causa desidratação e leva-os a beber cada vez mais, provocando situações muito complicadas de resolver. Vários factores podem desencadear este problema, tais como o medo súbito a seguir ao qual os animais correm para as tetinas para mamar do mesmo modo que como se corresse para as suas mães à procura de conforto (Mowlem, 1992).

Embora não seja um problema tão grave como em borregos ou em vitelos, quanto mais tempo os cabritos ficarem com as mães, mais tempo vão demorar a aprender a mamar no equipamento de aleitamento artificial. Pode ser que, com apenas alguns animais, estes possam ser introduzidos à tetina através do biberão como passo intermédio até à máquina de aleitamento artificial. São necessárias pelo menos 24 horas e uma grande dose de paciência para ter a certeza que um cabrito mama correctamente. É muito mais fácil fazer com que os animais mamem na máquina se os outros no mesmo parque já o souberem fazer. Todos os cabritos tendem a amontoar-se de roda uns dos outros e se um ou dois estiverem a mamar os restantes em breve perceberão como se faz. Mesmo se um leite de substituição for formulado para ser ingerido frio ou à temperatura ambiente, é aconselhado que seja aquecido ligeiramente para os ensinar a mamar (Mowlem, 1992).

Se alguns animais forem muito mais pequenos que os restantes é melhor colocá-los num parque diferente, onde podem ter uma atenção especial e onde não serão intimidados ou impedidos de se alimentarem por cabritos maiores (Mowlem, 1992).

Os cabritos começam a morder alimento sólido tal como o feno ou a palha com cerca de 10-14 dias de idade. Se eles forem desmamados precocemente (6-8 semanas) devem ser incentivados a ingerir alimentos sólidos e deve ser-lhes dado um pouco de concentrado para além do feno de boa qualidade, diariamente. Ao início não irão comer muito mas quando forem desmamados devem ingerir 400-500g/dia de alimento seco. Fornecer sempre água limpa e fresca (Mowlem, 1992; Eales e Small, 1995).

Se os cabritos forem criados artificialmente deve ter-se em consideração as suas instalações. Desde que não sejam muito frias, muitos tipos de alojamentos para animais podem ser adequados. Para animais recém retirados das mães é preferível que sejam alojados fora do seu alcance auditivo, se possível, uma vez que isso reduz o *stress* e ambos os grupos irão sossegar em poucos dias. Os critérios para alojamento de cabritos são:

- livres de correntes de ar;
- arejados e com boa ventilação;
- não muito frios (ideal 12-18°C); e
- ambiente limpo e higiénico (Mowlem, 1992).

É possível satisfazer estes pontos na maioria dos edifícios fechados. Para os cabritos com menos de 8 semanas de idade estarem adequadamente protegidos de correntes de ar, devem ser alojados em parques com pelo menos duas paredes sólidas e não estarem virados para alguma abertura exposta a ventos vindos do exterior. Uma vez desmamados, os cabritos podem ser levados para um ambiente mais aberto, como recomendado para os animais adultos (Mowlem, 1992).

Seja qual for a razão para criar os cabritos, os critérios mais importantes são a baixa mortalidade, bom crescimento e economia razoável. Para alcançar o primeiro destes objectivos devem ser feitos vários esforços para criar um ambiente higiénico (Mowlem, 1992).

1.4. Desinfetante

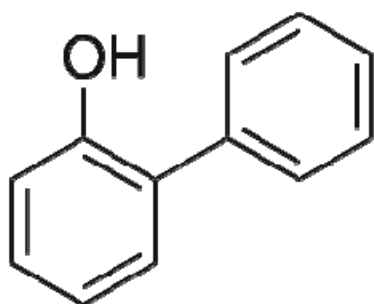
Os agentes químicos que permitem remover de objectos inanimados ou do meio ambiente a totalidade ou parte dos microrganismos patogénicos, susceptíveis de ocasionarem infecções, designam-se por desinfetantes. São substâncias químicas com forte poder microbicida mas relativamente tóxicos. Destroem rapidamente as formas vegetativas dos microrganismos mas não necessariamente os seus esporos (Carpenter, 1972; Cano e Colomé, 1986; Vieira Peixe, 1998).

Os agentes utilizados para destruir ou impedir o crescimento de microrganismos designam-se por agentes antimicrobianos e podem ser físicos e químicos. Vários factores, tais como concentração da população microbiana, temperatura, duração do contacto com os microrganismos, natureza do material a descontaminar (particularmente a presença de material orgânico, pH e viscosidade) e características dos microrganismos presentes, condicionam a eficácia dos agentes utilizados na desinfecção (Carpenter, 1972; Vieira Peixe, 1998).

Os agentes químicos utilizados para destruir microrganismos possuem uma composição variada. Alguns dos inconvenientes da sua utilização é o de serem demasiado tóxicos e irritantes para o Homem, atacando também, alguns deles, os materiais a esterilizar (Vieira Peixe, 1998).

Em 1867 Lister adoptou o uso do fenol como germicida. Apesar do uso deste composto ser actualmente muito limitado, muitos dos fenóis de substituição têm uma ampla aplicação nos campos da desinfecção e, mais recentemente, em sabões germicidas (Hamilton, 1971).

A actividade antimicrobiana do fenol e compostos fenólicos resulta de alterações na estrutura e nos mecanismos de permeabilidade selectiva da membrana celular dos microrganismos. Além de inactivarem as proteínas, a actividade destes agentes químicos poderá ainda resultar da sua



interacção com o DNA (Vieira Peixe, 1998). Os compostos fenólicos do tipo do lisol (constituído por o-fenilfenol, o-benzil-p-clorofenol e xilenóis) apresentam um largo espectro de actividade, mesmo em presença de matéria orgânica.

Dos compostos bifenílicos apenas o o-fenilfenol tem alguma aplicação como desinfetante. Este actua como bacteriostático ou bactericida, conforme a sua concentração (Hamilton, 1971).

Figura 1.17 – Estrutura do o-fenilfenol

O o-fenilfenol é um sólido branco ou amarelado, em flocos cristalinos (como o sabão em pó). É utilizado no fabrico de fungicidas, produtos de tingimento, químicos da borracha e como um desinfetante nas nossas habitações (Cano e Colomé, 1986; Budavari *et al.*, 1996; Nde *et al.*, 2008). É citado pelo DEP (Department of Environmental Protection), NFPA (National Fire Protection Association) e pelo EPA (Environmental Protection Agency) (www.state.nj.us/health/eoh/odisweb).

Uma vez que a produção de amoníaco a partir da urina e das fezes é originada por decomposição bacteriológica (Meneses, 1987; Hartung, 1992; Groot Koerkamp *et al.*, 1998; Heber *et al.*, 2000; Becker e Graves, 2004), faz algum sentido admitir que a adição de desinfetante às mesmas, em quantidades adequadas, poderá, eventualmente, diminuir a volatilização de amoníaco. Nesse sentido, podemos considerar o uso de desinfetante como uma técnica para o controlo da emissão de amoníaco em alojamentos para animais, substituindo outras que possam ser mais dispendiosas ou mais difíceis de pôr em prática.

Algumas dessas técnicas são:

- alterações na dieta dos animais (Canh *et al.*, 1998; Kröber *et al.*, 2000; Becker e Graves, 2004; Olmos Colmenero e Broderick, 2006; Panetta *et al.*, 2006; Ndegwa *et al.*, 2008);
- aditivos acidificantes (Stevens *et al.*, 1989; Van Horn *et al.*, 1994; McCrory e Hobbs, 2001; Jensen, 2002; Becker e Graves, 2004);
- adição de sais tais como o sulfato de alumínio, o cloreto de cálcio e o cloreto de alumínio (Colina *et al.*, 2001; Shi *et al.*, 2001; Becker e Graves, 2004; Smith *et al.*, 2004);
- uso de inibidores da urease (Varel *et al.*, 1999; McCrory e Hobbs, 2001; Shi *et al.*, 2001; Becker e Graves, 2004; Parker *et al.*, 2005); e
- uso de adsorventes (Mumpton e Fishman, 1977; McCrory e Hobbs, 2001).

2. Materiais e Métodos

2.1. Localização

Este projecto surgiu inicialmente da existência frequente de problemas do foro respiratório nos cabritos da exploração objecto do estudo, o que sugeria que havia a necessidade de melhorar o sistema de ventilação. Segundo o produtor, a instalação apresentava odor a amoníaco, o que indicava que o sistema de ventilação não estaria a cumprir a sua função de remoção dos gases nocivos daquela sala.

A exploração em causa é a Barão & Barão, situada na Coutada Velha, concelho de Benavente. Dedicar-se à produção intensiva de leite de bovinos e caprinos, tendo como fontes adicionais de rendimento a venda de cabritos e vitelos para obtenção de carne, bem como a venda de animais de refugo.

O sector dos caprinos desta exploração conta com cerca de 1500 fêmeas das raças *Saanen* e *Alpina*, e 35 machos adultos das mesmas raças (Simões, 2009).

2.2. Instalações e controlo do ambiente

Os cabritos são criados em duas salas distintas. A sala de cria com odor a amoníaco é uma sala de aleitamento artificial com a capacidade de cerca de 330 cabritos, com corredor de serviço e de alimentação central, e fossas de dejectos por baixo do pavimento de ripado. Tem 13,8 m de comprimento por 7,6 m de largura. A cobertura é constituída por painéis do tipo sandwich com isolamento térmico de 4 cm; as paredes exteriores são de blocos de fibrocimento denso, de 15 cm de espessura, forradas interiormente por painéis do tipo sandwich com 3 cm de isolamento e exteriormente por 2 cm de reboco. O pavimento é de grelha de policloreto de vinilo (PVC), disposto a uma altura de 55-65 cm do fundo da fossa, constituída por betão (Figuras 2.1, 2.2 e 2.3).

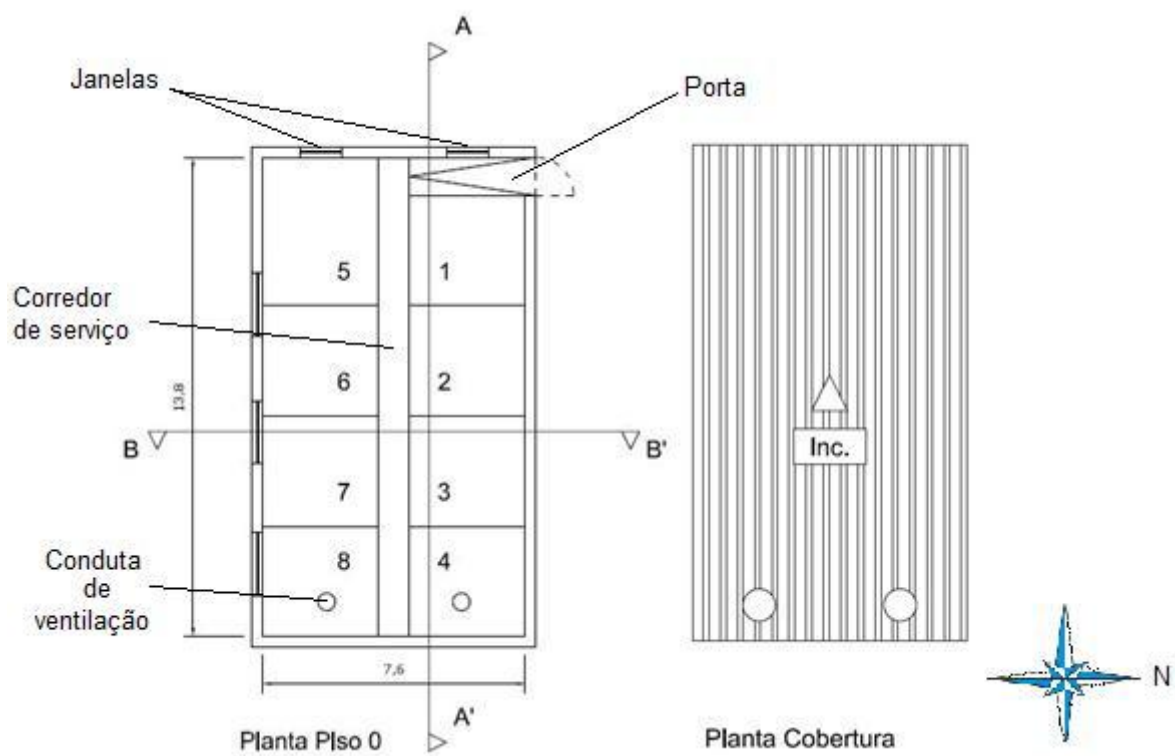


Figura 2.1 – Planta e cobertura da sala de aleitamento artificial

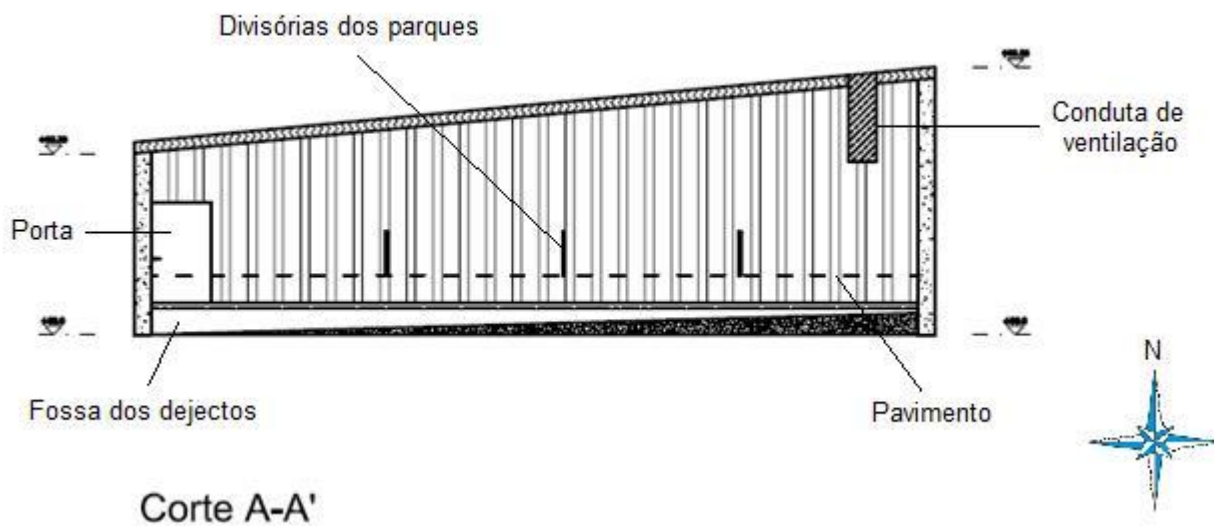


Figura 2.2 – Corte A-A' da sala de aleitamento artificial

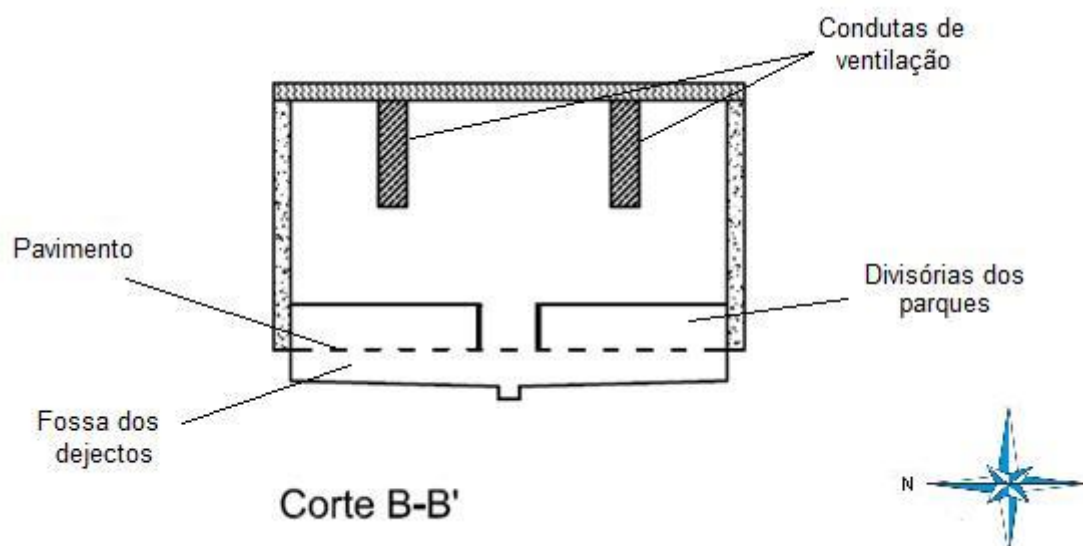


Figura 2.3 – Corte B-B' da sala de aleitamento artificial

A sala está dividida em 8 parques colectivos, dos quais 7 têm uma largura de 3,35 m e um comprimento de 3,18 m, e outro parque da mesma largura e 4,28 m de comprimento. A compartimentação é feita por painéis de PVC, de 78 cm de altura e 5 cm de espessura.

A entrada na sala é feita por uma rampa de acesso com 1,10 m de largura, 3,35 de comprimento e 0,70 m de altura. Junto ao corredor central estão os comedouros, as tetinas do aleitamento artificial e as portas que dão acesso aos respectivos compartimentos.

O sistema de evacuação de dejectos da sala de cria é de escoamento contínuo, contribuindo para o seu funcionamento a lavagem da fossa por aspersão de água, várias vezes ao dia (ANEXO I). Os dejectos, misturados com a água de lavagem, vão escoando ao longo das fossas, conduzindo a uma caixa de visita que leva à nitreira da exploração.

O sistema de ventilação é constituído por:

- 2 janelas basculantes na parede do lado Oeste, com 1,20 m de largura e 0,60 m de altura;
- uma entrada de ar abaixo do nível do pavimento de ripado, com 0,60 m de largura e 0,40 de altura, na fachada Oeste, protegida por uma grelha;
- 3 janelas basculantes na parede do lado Sul, com 1,80 m de largura e 0,60 m de altura que dão para a outra sala de cria dos cabritos; e
- 2 ventiladores axiais extractores de tecto da marca Multifan, modelo 4E50, a uma altura de 2,05 m do pavimento, posicionados ao fundo da sala (nos parques 4 e 8), dentro de condutas circulares verticais que expõem o ar pela cobertura (Figura 2.4).



Figura 2.4 – Vista interior da sala de aleitamento artificial

O sistema de controlo dos ventiladores é constituído por um termistor posicionado sensivelmente a meio do corredor central, que se encontra ligado a um controlador de velocidade variável da marca Pilot, modelo Basic (Figura 2.5). Neste define-se a temperatura desejada na sala e o salto térmico, regulando assim a velocidade de ambos os ventiladores, que é função da diferença entre a temperatura medida e a temperatura desejada, ou do salto térmico verificado.



Figura 2.5 – Sistema de controlo dos ventiladores

2.3. Maneio e alimentação animal

Os cabritos são separados das mães logo após o seu nascimento e colocados numas “incubadoras” nos primeiros dois dias de vida, onde são alimentados a biberão com colostro, duas vezes ao dia. Ao terceiro dia são transferidos para a sala de aleitamento artificial, onde são ensinados a mamar. Nos parques têm acesso *ad libitum* ao leite, tendo também bebedouros com água e comedouros com um alimento concentrado de primeira idade.

Os animais ficam nesta sala de aleitamento artificial até cerca dos dois meses de idade, sendo depois disto vendidos para abate ou desmamados para substituição do efectivo.

2.4. Delineamento experimental

Os caprinos são animais poliéstricos sazonais de dias curtos, ou seja, tornam-se sexualmente activos em resposta à diminuição da duração dos dias: entre o final do Verão (Agosto/Setembro) e o Outono (Outubro/Novembro). Assim sendo, as cabras possuem épocas de parição determinadas por esta sazonalidade, sendo cada uma delas 5 meses depois da cobrição.

Este projecto desenvolveu-se nas épocas de parto de Janeiro/Fevereiro (de 26 de Janeiro de 2009 a 6 de Abril de 2009) e de Abril/Maio (4 de Maio de 2009 a 8 de Julho de 2009).

Durante cada um destes períodos, foram feitas medições contínuas de temperatura e humidade relativa, e medições semanais da concentração de amoníaco, dióxido de carbono e também do peso médio dos cabritos de cada parque. Foram também realizadas medições da velocidade do ar de saída à entrada das condutas dos ventiladores (dia 2 de Setembro de 2009) e efectuado um teste de circulação do ar no interior do edifício (dia 20 de Abril de 2009).

Para além destas medições, foi feita, em cada uma das épocas, uma recolha de dejectos para análise de diversos parâmetros, que serão referidos posteriormente (capítulo 2.6). Estas recolhas foram feitas nos dias 2 de Abril e 25 de Maio de 2009. As primeiras análises correspondem a ensaios exploratórios, tendo sido depois realizadas as análises de Maio por um maior período, de forma a conseguir resultados ao longo do tempo.

2.5. Instrumentos e medição

Os factores ambientais analisados neste projecto foram, como referido anteriormente, a temperatura do ar, humidade relativa, concentração de dióxido de carbono e amoníaco, velocidade do ar e circulação do ar. Segue-se a descrição dos instrumentos utilizados em cada uma das medições, e o modo como estas foram realizadas.

2.5.1. Temperatura do ar

A medição e o registo contínuo das temperaturas foi efectuada com um termohigrógrafo da marca Fuess, modelo 79 t, de rotação semanal. O aparelho funcionou permanentemente nos períodos referidos anteriormente.



Figura 2.6 –
Termohigrómetro
Rotronic

O termohigrógrafo foi calibrado para uma escala de temperatura de -10 a +45 °C. Segundo o fabricante a precisão é de $\pm 0,2$ °C.

Optou-se pela sua colocação sobre uma caixa, a cerca de 0,5 m de altura, ao fundo do corredor de serviço, fora do alcance dos cabritos. Para proteger os sensores do aparelho contra poeiras ou outras sujidades existentes no interior da sala, colocou-se uma fita adesiva sobre a grelha de protecção dos mesmos, permitindo, no entanto, a circulação de ar em torno dos sensores.

Durante o ensaio, os sensores foram calibrados semanalmente com um termohigrómetro de marca Rotronic, modelo Hygroskop GT. Este aparelho mede valores de temperatura entre -10 e +50 °C, e valores de 5 a 100% de humidade relativa. Segundo o fabricante, a precisão a 25 °C é de $\pm 2\%$ para a humidade relativa, e $\pm 0,3$ °C para a temperatura.

2.5.2. Humidade Relativa

Os registos contínuos da humidade relativa foram feitos simultaneamente com os registos da temperatura do ar. Os registos foram efectuados com o termohigrógrafo já referido, sendo os sensores de humidade constituídos por cabelos humanos. A sua precisão é, segundo o fabricante, de $\pm 2,5\%$. A calibração foi feita em simultâneo com a dos sensores bimetálicos, pelo mesmo termohigrómetro.



Figura 2.7 – Termohigrógrafo Fuess

2.5.3. Concentração de gases

Utilizou-se um detector de gás de precisão da marca Ogawa Seiki Co., modelo 9016. O seu funcionamento baseia-se na análise por via seca, e emprega, para cada gás em estudo, um tubo com um reagente específico que muda de cor em função da quantidade de gás absorvido. Dispõe de uma bomba de aspiração que faz atravessar um determinado volume de ar (100 mL) através do tubo.



Figura 2.8 – *Bomba de aspiração Ogawa Seiki Co.*

Para as medições de dióxido de carbono, foram utilizados tubos da marca Gastec, modelo 2LL, com uma escala de leitura de 300 a 5000 ppm.

No caso do amoníaco foram utilizados, na primeira época, tubos da marca Kitagawa, modelo 105 SC, cuja escala de leitura era 10-260 ppm. Na segunda época foram utilizados tubos da mesma marca, modelo 105 SD, com uma escala de leitura de 1-20 ppm. Esta alteração deveu-se ao facto de, na primeira época, as concentrações verificadas terem sido demasiado baixas para haver uma precisão da sua leitura.

Efectuaram-se medições semanais de dióxido de carbono e amoníaco no interior do edifício.

Todas as medições (à excepção daquela abaixo do nível do pavimento) foram efectuadas ao nível dos animais, ou seja, a aproximadamente 50 cm de altura.

2.5.3.1. Dióxido de carbono:

- A meio do corredor central

2.5.3.2. Amoníaco:

- A meio do corredor central, por baixo do pavimento de ripado
- Nos dois parques ao fundo da sala, por baixo dos ventiladores (parques 4 e 8)
- Em dois parques centrais (parques 2 e 6)

2.5.4. Velocidade e circulação do ar

As correntes de ar, os espaços de ar estagnado e a remoção inadequada de humidade e gases nocivos em alojamentos para animais estão entre os sintomas comuns do funcionamento incorrecto de um sistema de ventilação. A velocidade e a distribuição do ar devem ser conhecidas por forma a verificar o bom funcionamento do mesmo.

2.5.4.1. Velocidade do ar



Figura 2.9 – Anemómetro de fio quente
Lambrecht

A velocidade do ar foi medida com um anemómetro de filamento aquecido, da marca Lambrecht, modelo 641 bN, à entrada da conduta de cada um dos ventiladores. Este aparelho é sensível a velocidades entre 0,05 e 15 m/s, a temperaturas entre -10 e +50 °C, e opera segundo o princípio de que o ar passa através de um filamento de platina ou níquel previamente aquecido electricamente. O filamento tem tendência para arrefecer de forma proporcional à velocidade do ar que por ele passa. A corrente que flui ao longo do filamento altera-se automaticamente para manter a sua temperatura aproximadamente constante. Assim, a quantidade de corrente necessária para o conseguir está relacionada directamente com a velocidade do ar (Curtis, 1983b). Esta medição foi feita no dia 2 de Setembro de 2009.

Em geral, a velocidade do ar não é igual em todos os pontos da secção transversal de uma conduta de ar. De forma a obter resultados exactos na medição da secção transversal de condutas de maior dimensão é, portanto, necessário efectuar uma série de medições, sendo que a sua média representa a velocidade real do ar. Numa conduta de secção circular é recomendável efectuar medições em dois diâmetros colocados perpendicularmente um ao outro por forma a calcular a velocidade média (Figura 2.10). O diâmetro deve ser subdividido em 5 ou 10 coroas circulares de área idêntica. Os raios das coroas circulares a partir do centro de gravidade a considerar são obtidos multiplicando o raio do ponto de gravidade (R1, R2, R3, etc) pelo raio real da conduta (neste caso 25 cm), por exemplo:

Tabela 2.1 – Raio dos pontos de gravidade utilizados para efectuar a medição da velocidade do ar na conduta

n	R1	R2	R3	R4	R5
5	0,95	0,84	0,71	0,55	0,32

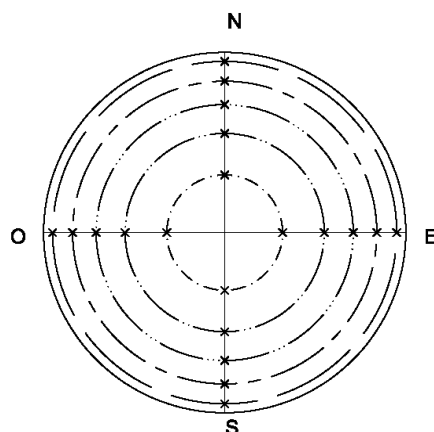


Figura 2.10 – *Representação esquemática da medição da velocidade do ar nos vários pontos da conduta de ventilação*

Assim, são obtidas 20 medições (cinco em cada quarto da secção da conduta) de velocidade do ar à entrada na conduta de ventilação, pelo que o valor a utilizar é a média dos mesmos.

2.5.4.2. Circulação do ar

Certas partículas visíveis suspensas no ar podem ser usadas como uma ajuda para visualizar a forma como o ar circula num alojamento para animais. A fonte dessas partículas é simplesmente colocada na entrada de ar ou no microambiente a ser estudado, e o curso do poluente seguido visualmente através do espaço de interesse (Curtis, 1983b). Foram utilizadas pastilhas de fumo da marca PH, no dia 20 de Abril de 2009, para obter uma visualização da circulação geral do ar na sala de cria dos cabritos.



Figura 2.11 –
Pastilhas de fumo PH

Para além das pastilhas de fumo, foram também utilizados tubos de fumo para verificar a direcção da circulação localizada do ar em certas zonas do edifício, nomeadamente no centro de um dos parques e a um canto. Os tubos utilizados eram da marca MSA, modelo 08/260867, juntamente com uma bomba de ar manual da mesma marca, modelo 08/260868.

2.6. Análises dos dejectos

A realização das análises aos dejectos deveu-se ao facto de, ao contrário do que era esperado, a concentração de amoníaco no ar do interior da sala de cria de cabritos em questão se ter verificado muito reduzida. O odor a amoníaco na mesma sala era muito intenso em épocas de parto anteriores, pelo que essa diferença teria de ser atribuída a alguma alteração no maneo realizado na mesma. A única diferença apontada foi a da utilização recente de um desinfectante comercial (cujo principal princípio activo é o o-fenilfenol) em todos os parques, técnica esta que foi aconselhada pelo Médico Veterinário que acompanha a exploração, de modo a solucionar um surto de *E. coli*. Deste modo, surgiu a ideia de que talvez tivesse sido a aplicação desse desinfectante a causa da redução da emissão de amoníaco, levando a que se procedesse à recolha e posterior análise de dejectos.

Tendo as recolhas e as análises dos dejectos sido realizadas em condições diferentes, importa aqui proceder à descrição de cada uma delas:

No dia 1 de Abril de 2009, foram desligados os ventiladores e os aspersores de lavagem da fossa às 12h00 e às 18h00 foi adicionado por aspersão (com um borrifador) o desinfectante D-39 da marca Ceva - Sante Animale, na concentração recomendada pelo fabricante (0,4%), num dos lados da sala: parques 5, 6, 7 e 8.

No dia 2 de Abril procedeu-se então à recolha dos dejectos para a realização de ensaios exploratórios, tendo sido misturadas várias porções em cada um dos tratamentos (com e sem desinfectante), de forma a obter uma amostra significativa. Seguidamente as amostras foram transportadas para o laboratório 9 do Departamento de Química Agrícola e Ambiental (DQAA), localizado no Edifício Principal do Instituto Superior de Agronomia, na Tapada da Ajuda, onde foram analisados os parâmetros:

- Azoto amoniacal (N-NH_4^+)
- Azoto Kjeldahl (N_K)
- pH
- condutividade eléctrica.

No dia 24 de Maio de 2009, às 19h00, foram novamente desligados os aspersores de lavagem da fossa, e no dia seguinte procedeu-se a nova recolha de dejectos para análise, sem utilização de desinfectante.

As amostras foram transportadas novamente para o DQAA do Instituto Superior de Agronomia e colocadas em duas caixas de plástico (cada uma delas com a mesma quantidade de dejectos). Numa das caixas adicionou-se D-39 na concentração recomendada pelo fabricante (0,4%) com um borrifador, na quantidade de 4 mL, e homogeneizou-se. Na outra caixa não foi efectuado qualquer tratamento. As análises realizadas foram as mesmas do ensaio anterior, e foram efectuadas no dia 0, no dia 1, no dia 2, no dia 3 e no dia 7 do ensaio, correspondendo o dia 0 ao dia 25 de Maio. Após cada recolha de amostras para análise, foi adicionada a mesma quantidade de 4 mL de desinfectante na caixa respectiva, e homogeneizado em seguida.

2.6.1. Determinação do Azoto Amoniacal:

Pipetou-se para um balão Erlenmeyer 50 mL de ácido bórico a 4% (m/v) e adicionou-se 2 a 3 gotas de indicador misto. Colocou-se o balão na extremidade do tubo condensador do destilador de modo a que ficasse imerso na solução de ácido bórico. Homogeneizou-se o melhor possível a amostra, pesou-se, e colocou-se no tubo de destilação. Adicionou-se cerca de 30 mL de NaOH (m/v) e procedeu-se à destilação. Deu-se por terminada a operação de destilação quando o volume do destilado no balão foi superior a 150 mL.

Titulou-se o conteúdo do balão com HCl, de título conhecido (0.4776 N) até se verificar a mudança de cor de verde para rosa. Anotou-se o volume gasto na titulação, para posterior cálculo da quantidade de azoto amoniacal segundo a fórmula:

$$\text{mg de N-NH}_4^+ / \text{Kg de amostra} = \frac{f \times 14 \times V_{\text{ac.tit.}} \times 1000}{\text{Peso amostra}} \quad [\text{Equação 2.1}]$$

em que

f – título do ácido utilizado

$V_{\text{ac.tit.}}$ – volume de ácido gasto na titulação

2.6.2. Determinação do azoto Kjeldahl:

Esta determinação foi feita em 3 passos:

2.6.2.1. Mineralização:

Homogeneizou-se o melhor possível e pesou-se a amostra a analisar. Transferiu-se a amostra pesada para o tubo de ataque e adicionou-se 15 mL de ácido sulfúrico concentrado e uma colher de catalisador (sulfato de cobre e sulfato de potássio). Colocou-se o tubo de digestão e procedeu-se ao seu aquecimento, de forma gradual, até se atingir a temperatura de 350 °C. Deu-se por concluída a operação de mineralização quando o conteúdo se apresentou incolor e de aspecto xaroposo. Após o arrefecimento transferiu-se o conteúdo do tubo para um balão volumétrico de 200 mL ($V_{\text{balão vol.}}$) e completou-se o volume com água destilada.

2.6.2.2. Destilação:

Pipetou-se para um balão Erlenmeyer 50 mL de ácido bórico a 4% (m/v) e adicionou-se 2 a 3 gotas de indicador misto. Colocou-se o balão na extremidade do tubo condensador do destilador de modo a que ficasse imerso na solução de ácido bórico. Pipetou-se 20 mL ($V_{\text{toma destilada}}$) do conteúdo do balão volumétrico de 200 mL e colocou-se a toma num tubo de destilação onde se adicionou cerca de 30 mL NaOH a 40% (m/v) e procedeu-se à destilação. Deu-se por terminada a operação de destilação quando o volume do destilado no balão foi superior a 150 mL.

2.6.2.3. Titulação:

Titulou-se o conteúdo do balão com HCl, de título conhecido (0.4776 N) até se verificar a mudança de cor de verde para rosa. Anotou-se o volume gasto na titulação, para posterior cálculo da quantidade de azoto Kjeldahl (mg/L) segundo a fórmula:

$$N_K = \frac{f \times 14 \times V_{\text{ác.tit.}} \times V_{\text{balão vol.}} \times 1000}{V_{\text{toma}} \times V_{\text{amostra}}} \quad [\text{Equação 2.2}]$$

Em que

f – título do ácido utilizado

$V_{\text{ác.tit.}}$ – volume do ácido gasto na titulação

$V_{\text{balão vol.}}$ – volume do balão volumétrico

V_{toma} – volume da toma

V_{amostra} – volume da amostra a analisar

2.6.3. Determinação do pH e condutividade eléctrica:

Para ambas as determinações, foi necessário calcular previamente a matéria seca das amostras. Para isto pesaram-se as amostras para cápsulas, que foram colocadas numa estufa a aproximadamente 100 °C até peso constante.

2.6.3.1. pH:

Lavou-se o eléctrodo de pH com água destilada, limpou-se e calibrou-se o potenciómetro com as soluções tampão de pH conhecido (pH 4, 7 e 9). Após a calibração lavou-se o eléctrodo com água destilada e limpou-se. Pesou-se 5 g de matéria seca da amostra a analisar para um frasco de agitação, adicionou-se água destilada até perfazer o peso de 100 g e homogeneizou-se durante 15 minutos no agitador mecânico. Imergiu-se o eléctrodo no copo contendo a amostra e procedeu-se à leitura do pH após a estabilização do valor indicado no aparelho.

2.6.3.2. Condutividade eléctrica:

Lavou-se o eléctrodo com água destilada, limpou-se e calibrou-se o condutímetro com a solução de KCl 0,01M. Após a calibração lavou-se o eléctrodo com água destilada e limpou-se. Pesou-se 5 g de matéria seca da amostra a analisar para um frasco de agitação, adicionou-se água destilada até perfazer o peso de 100 g e homogeneizou-se durante 15 minutos no agitador mecânico. Imergiu-se o eléctrodo no copo contendo a amostra e procedeu-se à leitura da condutividade após a estabilização do valor indicado no aparelho.

2.7. Determinação dos caudais teóricos de ventilação

A ventilação de renovação destina-se, fundamentalmente, a garantir que os níveis de humidade relativa e de dióxido de carbono do ar interior de uma instalação de produção animal não excedam os teores considerados críticos para os seus ocupantes e também, nomeadamente no Verão, promover a remoção do ar quente, de forma a evitar que a temperatura atinja valores desfavoráveis, função das características do efectivo animal em exploração e das características construtivas dos edifícios.

Deste modo, e para as nossas condições climáticas, as bases para efeitos de cálculo dos caudais de ar necessários para uma ventilação conveniente, diferem consoante se trata de uma situação de Inverno ou de uma situação de Verão (Gago da Câmara, 1976).

2.7.1. Situação de Inverno (caudal mínimo):

No Inverno não se põe o problema da remoção do excesso de calor pelo que, por exclusão de partes, o caudal de ar fresco a utilizar terá de ser calculado por forma a que os níveis de vapor de água e de dióxido de carbono do ar interior não excedam os valores críticos para os ocupantes da sala de aleitamento em questão. Toma-se então o caudal de maior valor, de modo a satisfazer as duas condições referidas, sendo que geralmente este corresponde à eliminação do excesso de vapor de água (Gago da Câmara, 1976). Admite-se que o caudal mínimo de ventilação é adequado para que a concentração dos outros gases, nomeadamente de amoníaco, se mantenha nos valores aconselhados.

2.7.1.1. Com base no balanço de vapor de água

A quantidade de ar fresco a introduzir para manter o nível de vapor de água admissível é dada pela seguinte expressão (Meneses, 2009):

$$C = \frac{n \times V_{pa} \times \gamma}{H_{ai} - H_{ae}} \quad [\text{Equação 2.3}]$$

Em que

C – caudal mínimo de ventilação (m³/s)

n - número de animais

V_{pa} - vapor de água libertado por animal (Kg/s)

γ - coeficiente de majoração

H_{ae} – humidade absoluta do exterior (Kg/m³)

H_{ai} – humidade absoluta do interior (Kg/m³)

A humidade absoluta no exterior e no interior pode ser calculada através da expressão (Meneses, 2009):

$$H_a = \frac{R_m}{V_e} \quad [\text{Equação 2.4}]$$

Em que

R_m – razão de mistura (Kg/Kg)

V_e – volume específico do ar (m³/Kg)

Estes dependem dos valores de temperatura e humidade relativa, e são encontrados na carta psicrométrica.

2.7.1.2. Com base no balanço de CO₂

Vejamos agora como se calcula o caudal de ar necessário para eliminar o excesso de dióxido de carbono. A expressão a utilizar para o efeito é (Meneses, 2009):

$$C = n \frac{D}{D_{\max} - D_a} \times 100 \quad [\text{Equação 2.5}]$$

Em que

C – caudal mínimo de ventilação (m³/s)

D - CO₂ libertado por animal (m³/s)

D_{max} - teor máximo de CO₂ (0,3%)

D_a - CO₂ exterior (0,035%)

2.7.2. Situação de Verão (caudal máximo)

Em situações de Verão, a principal função da ventilação é, como já anteriormente foi referido, a de remover o excesso de calor, cujos caudais superam, geralmente em muito, os valores dos caudais necessários para a eliminação do excesso de vapor de água e de dióxido de carbono do ar interior dos edifícios (Gago da Câmara, 1976).

Para situações de Verão, o caudal de ar a utilizar deverá ser calculado pela expressão (Meneses, 2009):

$$C = \frac{\Phi_a + \Phi_s}{q_{va} \times \Delta t} \quad [\text{Equação 2.6}]$$

Em que

Φ_a - calor sensível libertado pelos animais (W)

Φ_s – ganho de calor da radiação solar (W)

q_{va} - calor volúmico do ar (1200J/m³ °C)

Δt – o salto térmico, ou a diferença entre a temperatura interior e a exterior, que neste caso em particular, é de 3°C

O fluxo de calor sensível libertado pelos animais é dado pela expressão (Meneses, 2009):

$$\Phi_a = n \cdot q_a \quad [\text{Equação 2.7}]$$

Em que

n – número de animais

q_a – fluxo de calor libertado por animal (W)

Por outro lado, o fluxo de calor devido à radiação solar calcula-se por (Meneses, 2009):

$$\Phi_s = A U (t_{sa} - t_i) \quad [\text{Equação 2.8}]$$

Em que

A – área da superfície da cobertura (m^2)

U – coeficiente de transmissão térmica ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

t_{sa} – temperatura sol-ar da cobertura ($^\circ C$)

t_i – temperatura interior do ar ($^\circ C$)

A temperatura sol-ar da cobertura tem de ser calculada, baseando-nos, para isso, na expressão (Meneses, 2009):

$$t_{sa} = t'_{sa} + (t_e - t'_e) \quad [\text{Equação 2.9}]$$

Sendo

t'_{sa} – temperatura sol-ar tabelada ($^\circ C$)

t_e – temperatura exterior de projecto ($^\circ C$)

t'_e – temperatura do ar ($^\circ C$)

A temperatura exterior de projecto, por sua vez, é dada por:

$$t_e = \frac{2 \times \bar{t}_{\max} + t_{\max}}{3} \quad [\text{Equação 2.10}]$$

em que

\bar{t}_{\max} - temperatura máxima média (°C)

t_{\max} - temperatura máxima absoluta (°C)

É, também, necessário calcular o coeficiente de transmissão térmica da cobertura, através da expressão (Meneses, 2009):

$$U = \frac{1}{R} \quad [\text{Equação 2.11}]$$

Em que R é o coeficiente de resistência térmica (m² °C /W), calculado a partir de (Meneses, 2009):

$$R = R_e + \sum_j \frac{L_j}{K_j} + R_a + R_i \quad [\text{Equação 2.12}]$$

Em que

R_e – resistência térmica de passagem exterior (m² °C/W)

L_j - espessura do elemento j (m)

K_j – condutibilidade térmica do elemento j (W/m °C)

R_a – resistência térmica de espaço de ar (m² °C/W)

R_i – resistência térmica de passagem interior (m² °C/W)

3. Resultados e discussão

3.1. Temperatura do ar e humidade relativa

Em ambas as épocas estudadas verificaram-se interrupções pontuais no registo destas duas variáveis, como se pode constatar nos gráficos apresentados mais à frente.

Durante a época de Janeiro-Abril as temperaturas máximas dentro da sala variaram entre 17,1 e 26,9 °C, e as temperaturas mínimas entre 9,4 e 17,1°C (Figura 3.1). Embora estas últimas tenham atingido valores bastante baixos para animais tão novos, a temperatura média da sala foi de cerca de 17 °C, que é já bastante razoável (dentro da zona de neutralidade térmica).

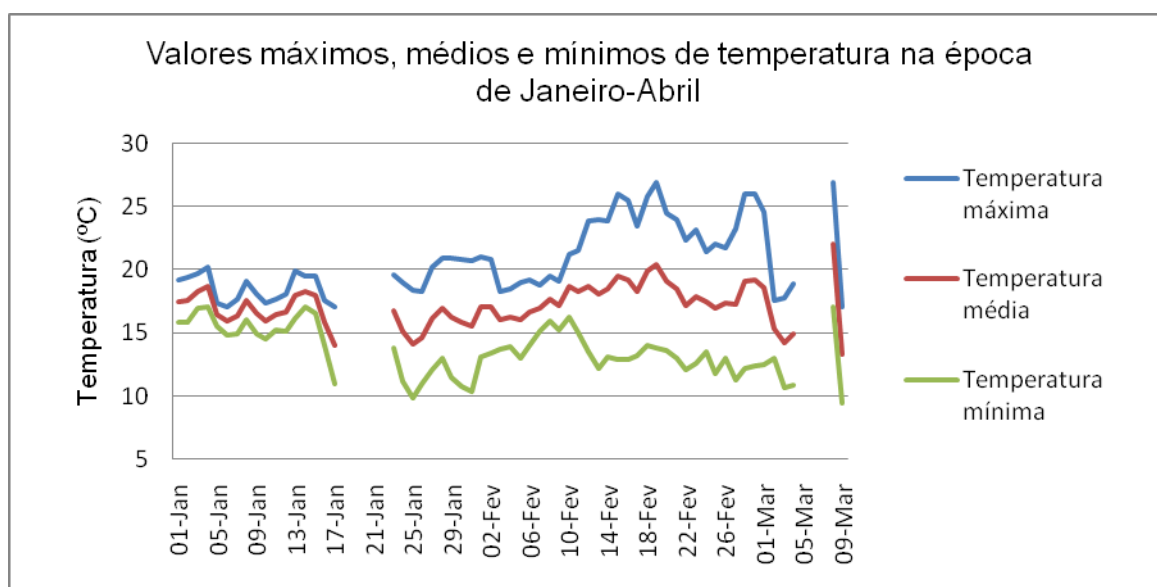


Figura 3.1 – *Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar na época de Janeiro-Abril*

Em relação à humidade relativa, na mesma época, registaram-se valores máximos entre 85 e 98% e valores mínimos entre 31 e 83% (Figura 3.2). Os valores médios da humidade relativa variaram entre 58 e 91%, valores estes que se encontram dentro dos recomendados (50-90%; Hartung, 1994).

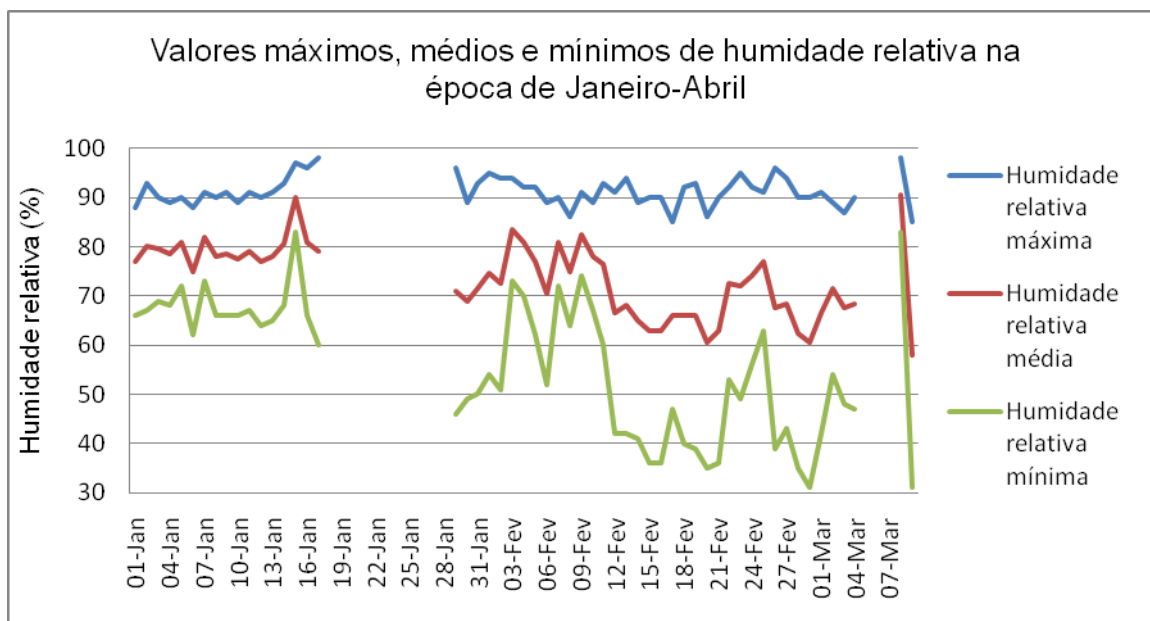


Figura 3.2 – Valores máximos, médios e mínimos de humidade relativa do ar na época de Janeiro-Abril

Na época de Maio-Julho as temperaturas máximas verificadas variaram entre 20,0 e 33,6 °C, e as temperaturas mínimas foram de 14,9 a 21,5 °C. Deste modo, a temperatura média da sala foi de cerca de 22,0 °C, que é um valor dentro da gama de temperaturas de adaptação fácil, embora acima da zona de neutralidade térmica. Embora os valores máximos registados sejam muito elevados (dentro da gama de temperaturas de adaptação difícil), estes apenas se faziam sentir numa altura breve do dia, sendo a temperatura média aquela que se deve considerar.

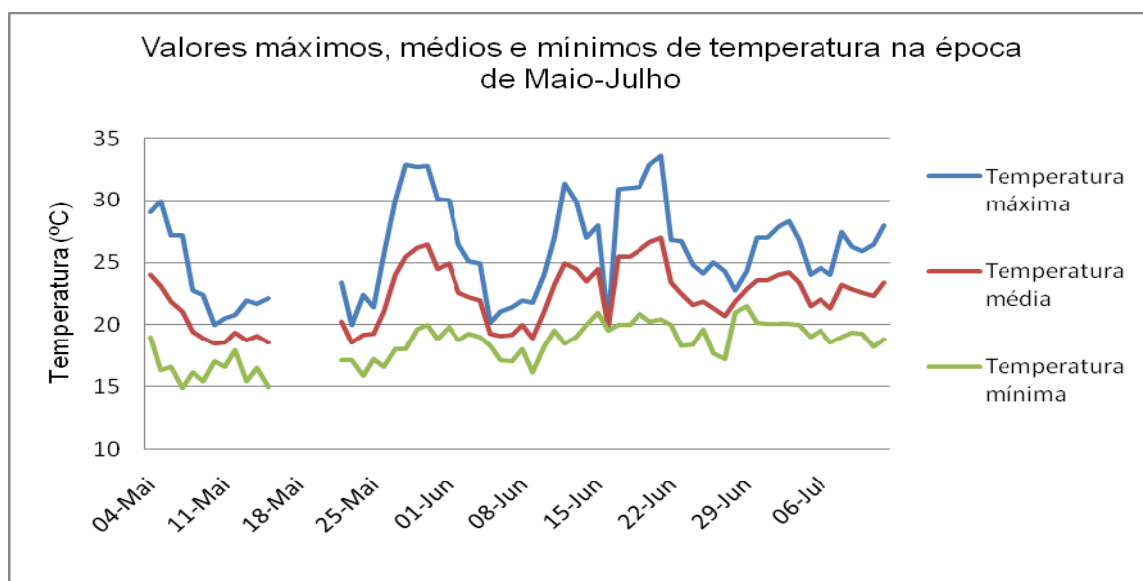


Figura 3.3 – Temperaturas máximas, médias e mínimas do ar na época de Maio-Julho

Os valores de humidade relativa verificados nesta época variaram entre os 76 e os 94% para os valores máximos e entre 22 e 81% para os valores mínimos, sendo a humidade relativa máxima média da ordem dos 85% e a humidade relativa mínima média cerca de 52%. Estes valores, embora pontualmente elevados, são perfeitamente adequados, uma vez que nos momentos em que se verificam esses aumentos de humidade relativa, a temperatura encontra-se mais baixa (ANEXO II). Assim, não se põe o problema de dificuldade de perda de calor por parte do animal.

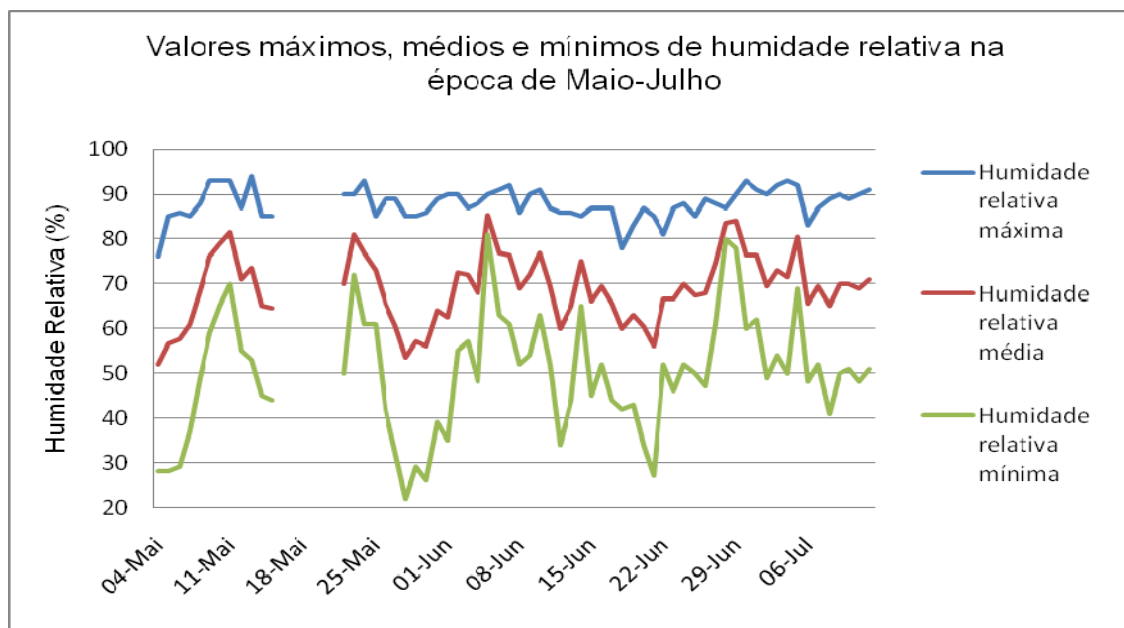


Figura 3.4 – Valores máximos, médios e mínimos de humidade relativa do ar na época de Maio-Julho

3.2. Concentração de dióxido de carbono

Na época de Janeiro-Abril, como as temperaturas verificadas eram bastante baixas, optou-se por não ligar os ventiladores até que o número de animais na sala fosse significativo. Assim, as concentrações de dióxido de carbono foram aumentando até os ventiladores serem ligados, o que aconteceu na terceira semana de medições. Depois disso, as concentrações mantiveram-se com valores baixos, uma vez que a ventilação forçada extraía os poluentes de forma eficaz (Figura 3.5).

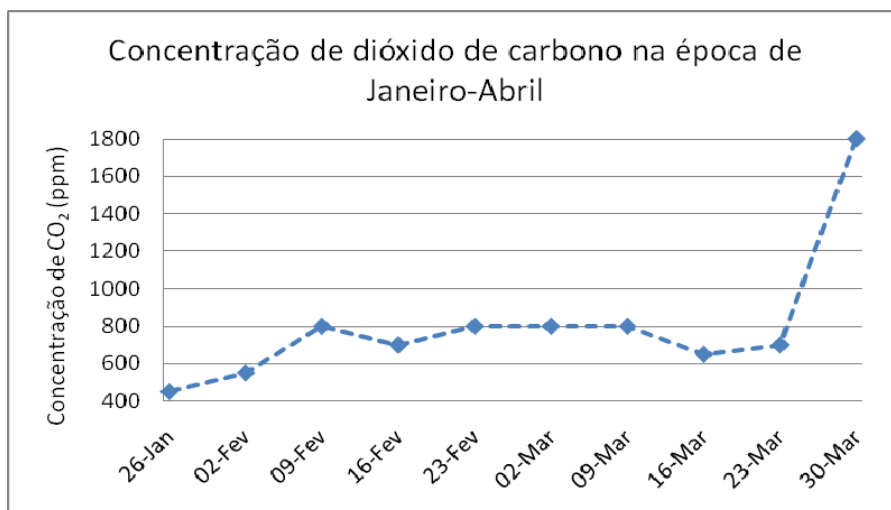


Figura 3.5 – Concentração de dióxido de carbono na época de Janeiro-Abril

A concentração média deste gás foi cerca de 700 ppm, excepto no dia 30 de Março, em que tinham sido desligados os ventiladores e os aspersores. Nesse dia, a concentração foi de 1800 ppm. Estes valores nunca se aproximaram do valor máximo recomendado (Curtis, 1983a; CIGR, 1984; Meneses, 1987) de 3000 ppm.

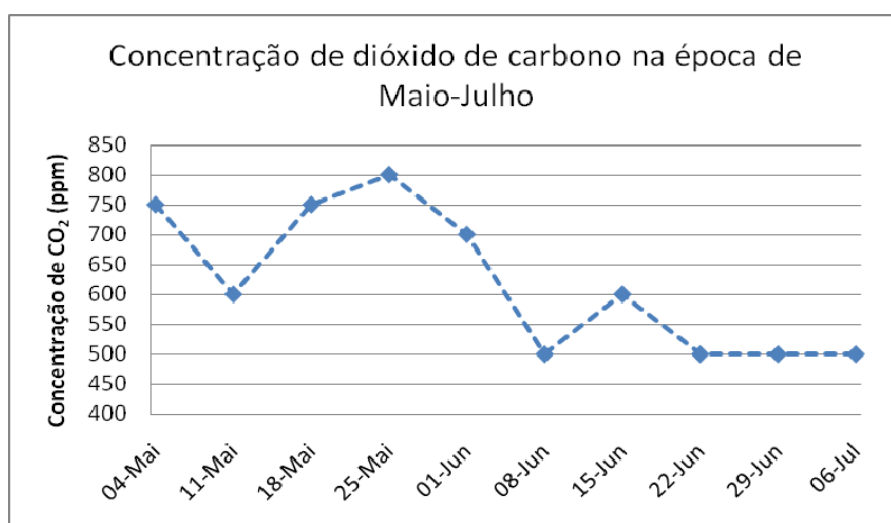


Figura 3.6 – Concentração de dióxido de carbono na época de Maio-Julho

Na época de Maio-Julho as concentrações foram ainda mais baixas, variando entre 500 e 800 ppm, uma vez que as temperaturas verificadas eram mais elevadas, o que fazia com que os ventiladores funcionassem a uma maior velocidade, extraindo maior quantidade de gases.

3.3. Concentração de amoníaco

Como já foi referido anteriormente, as medições da concentração de amoníaco na época de Janeiro-Abril foram efectuadas com tubos de escala de leitura 10-260 ppm. Praticamente todas as medições revelaram concentrações deste gás inferiores ao limite de detecção do mesmo. No entanto, e sabendo que a maioria dos autores aponta um limite máximo de amoníaco no interior de alojamentos para animais no valor de 20 ppm, estes dados são suficientes para determinar que as concentrações de amoníaco existentes naquele edifício estavam dentro do desejado.

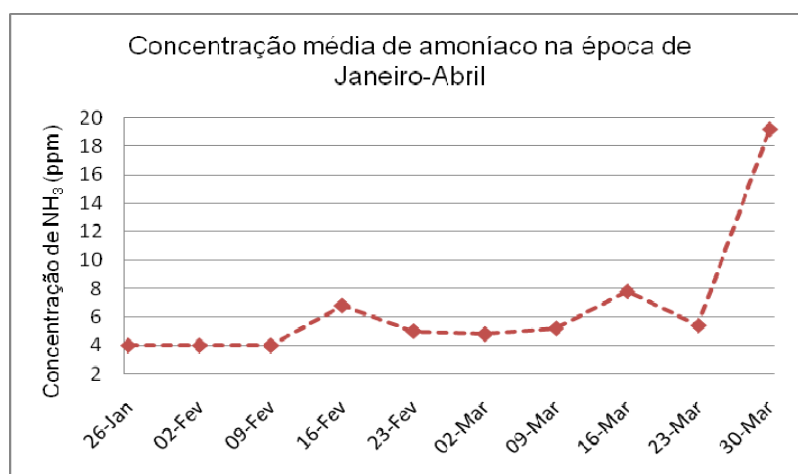


Figura 3.7 – *Concentração média de amoníaco na época de Janeiro-Abril*

A única excepção foi na medição do dia 30 de Março, em que se desligaram os ventiladores e os aspersores de lavagem da fossa durante 24 horas. Nesse dia, a concentração média foi de 19,2 ppm. Este aumento em relação às concentrações verificadas na restante época deve-se ao facto de se terem desligado os aspersores e à ausência de ventilação forçada.

Por outro lado, na época de Maio-Julho, as medições foram realizadas com tubos de escala de leitura entre 1 e 20 ppm, o que permitiu leituras mais fiáveis do que na época anterior. Assim, os valores médios verificaram-se entre 1,0 e 3,8 ppm. Estes valores estão bastante abaixo do limite máximo recomendado pela maioria dos autores (20 ppm), e até abaixo de 5 ppm, valor máximo para cabritos referido por Andrada (1996).

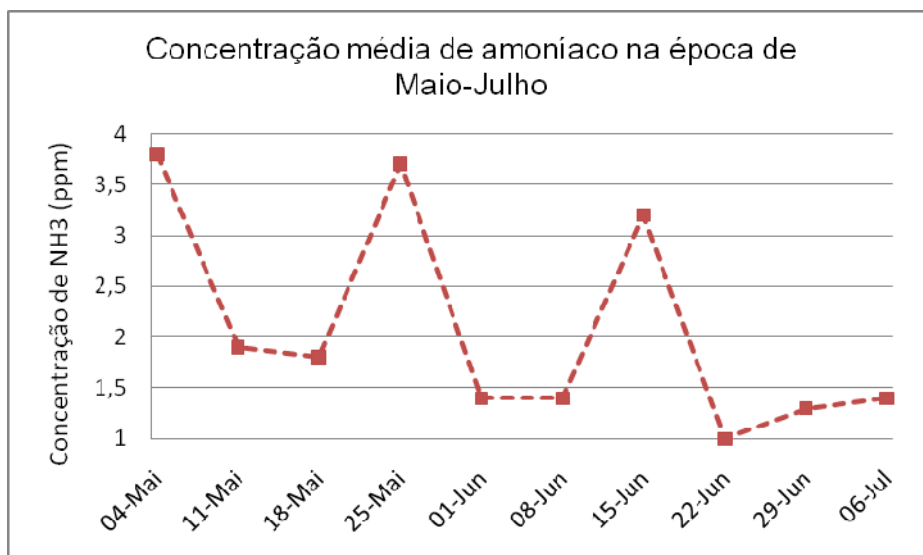


Figura 3.8 – *Concentração média de amoníaco na época de Maio-Julho*

Tendo em conta que a produção de amoníaco é tanto maior quanto mais elevada for a temperatura ambiente, seria de esperar que, na época de Maio-Julho (situação de Verão), as concentrações deste poluente fossem máximas. No entanto, e uma vez que os caudais de ventilação nesta altura do ano são muito superiores, a extracção de poluentes também é superior, e as concentrações de amoníaco verificadas não são necessariamente mais elevadas. Por estas razões, e como não podemos comparar os dados das diferentes épocas porque os tubos tinham sensibilidades muito diferentes, não podemos afirmar que as concentrações estão dentro do limite proposto por Andrada (1996), na situação de Inverno (Janeiro-Abril).

3.4. Velocidade do ar

A velocidade do ar à entrada das condutas foi medida para cada um dos ventiladores, com velocidades mínimas e máximas, de forma a poderem ser calculados os caudais mínimos e máximos dos mesmos. Os valores das velocidades do ar corrigidas para os valores de temperatura que se faziam sentir aquando das medições estão apresentados nas tabelas seguintes, para cada um dos ventiladores, nas velocidades mínimas e máximas:

Tabelas 3.1 e 3.2 – *Velocidades mínimas de cada um dos ventiladores (m/s), em cada uma das 20 medições (4 leituras (N, S, E, O) por área para as cinco coroas consideradas)*

	R1	R2	R3	R4	R5
N	2,6	2,9	2,9	2,9	2,2
S	2,4	2,0	2,9	2,9	2,2
E	1,6	2,4	2,0	2,7	2,4
O	3,1	2,9	2,9	2,7	2,0

(ventilador 1)

	R1	R2	R3	R4	R5
N	1,8	2,0	2,4	2,2	2,2
S	1,8	2,4	2,2	2,7	2,9
E	2,2	2,2	3,1	2,7	2,4
O	2,0	2,4	2,0	2,4	2,2

(ventilador 2)

Tabelas 3.3 e 3.4 - *Velocidades máximas de cada um dos ventiladores (m/s), em cada uma das 20 medições (4 leituras (N, S, E, O) por área para as cinco coroas consideradas)*

	R1	R2	R3	R4	R5
N	10,2	10,2	9,5	8,9	7,7
S	8,9	9,5	9,5	9,5	8,5
E	9,5	9,5	9,5	10,2	8,5
O	10,7	9,5	9,5	9,5	7,7

(ventilador 1)

	R1	R2	R3	R4	R5
N	8,5	9,5	9,5	9,5	8,5
S	10,2	9,5	9,5	9,5	8,5
E	7,7	10,2	9,5	8,9	8,5
O	9,5	9,5	10,2	10,2	8,5

(ventilador 2)

A velocidade média do ventilador número 1 foi, para o caudal mínimo, de 2,53 m/s, e a velocidade média do ventilador número 2 foi de 2,31 m/s. Estes valores correspondem a caudais de 1785,2 e 1629,9 m³/h, respectivamente, quando multiplicados pela área da secção transversal dos ventiladores ($\pi \times 0,25^2 \approx 0,19625 \text{ m}^2$), o que equivale a um valor médio dos dois ventiladores de 1707,55 m³/h.

Relativamente ao caudal máximo dos ventiladores, as velocidades médias de cada um deles foram de 9,33 m/s para o número 1 e de 9,27 m/s para o número 2, correspondendo a caudais de 6579,7 e 6540,9 m³/h, respectivamente. O valor médio do caudal máximo para ambos os ventiladores é de 6560,3 m³/h.

3.5. Circulação do ar

As pastilhas de fumo foram acesas e colocadas na entrada de ar da sala de aleitamento artificial (Figuras 3.9 e 3.10), e foi verificada a circulação do ar na mesma através do movimento do fumo produzido, com os ventiladores a funcionar na sua velocidade máxima.



Figuras 3.9 e 3.10 – *Entrada de ar inferior e pormenor da pastilha de fumo durante a sua combustão*

O fumo produzido pela pastilha em combustão colocada na entrada de ar inferior foi sugado através da mesma e conduzido, ao longo de toda a sala, até aos ventiladores instalados no lado contrário da mesma. À medida que o fumo era conduzido para o fundo da sala e até aos ventiladores, este ia subindo através das aberturas do pavimento em grelha, misturando-se com o ar de todo o espaço interior (Figuras 3.11, 3.12, 3.13 e 3.14).

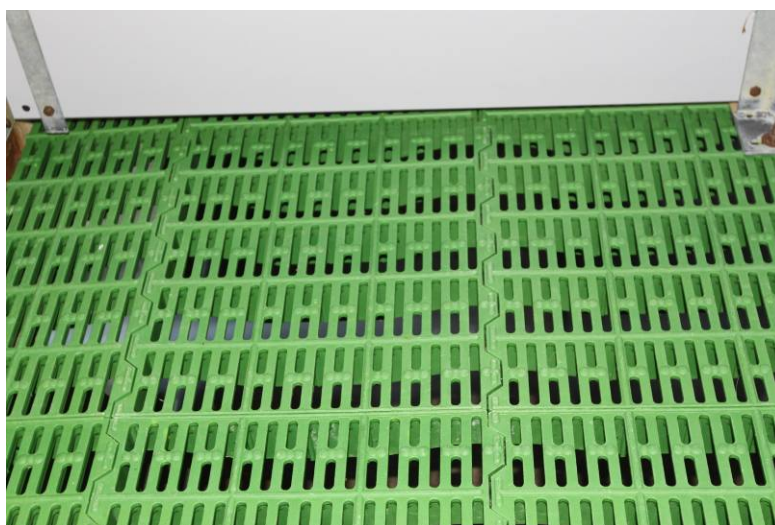


Figura 3.11 – *Pormenor do fumo a entrar na sala pela entrada de ar inferior*



Figuras 3.12 e 3.13 – *Mistura gradual do fumo com o ar no interior da sala*



Figura 3.14 – *Fumo a ser sugado pelos ventiladores, ao fundo da sala*

Analisou-se também a circulação do ar com entrada pela janela de topo, com pastilhas de fumo colocadas na entrada da janela. O seu efeito foi praticamente o mesmo, sendo a principal diferença a de que o ar se misturou a um nível mais elevado que anteriormente, mais perto da cobertura (Figura 3.15).



Figura 3.15 – *Fumo a entrar na sala através da entrada de ar superior (janela)*

No entanto, o resultado final da mistura do fumo com o ar existente na sala foi semelhante ao da combustão das pastilhas colocadas perto da entrada de ar inferior, mas sem a renovação de ar ao nível da fossa de dejectos que se verifica com a entrada pela abertura inferior.



Figura 3.16 – *Circulação do ar no centro de um parque, verificado com tubos de fumo e bomba manual*

A circulação local verificada no centro de um dos parques determinou que, tal como já tínhamos visto anteriormente, o ar circula de baixo para cima, atravessando o pavimento (Figura 3.16). Assim, o ar puro exterior que entra pela abertura inferior passa da fossa de dejectos para a zona acima do pavimento, renovando os gases aí produzidos. Depois de passar pelos parques onde

estão os cabritos é que sai para o exterior através das duas condutas de extracção, localizadas na extremidade oposta da sala.

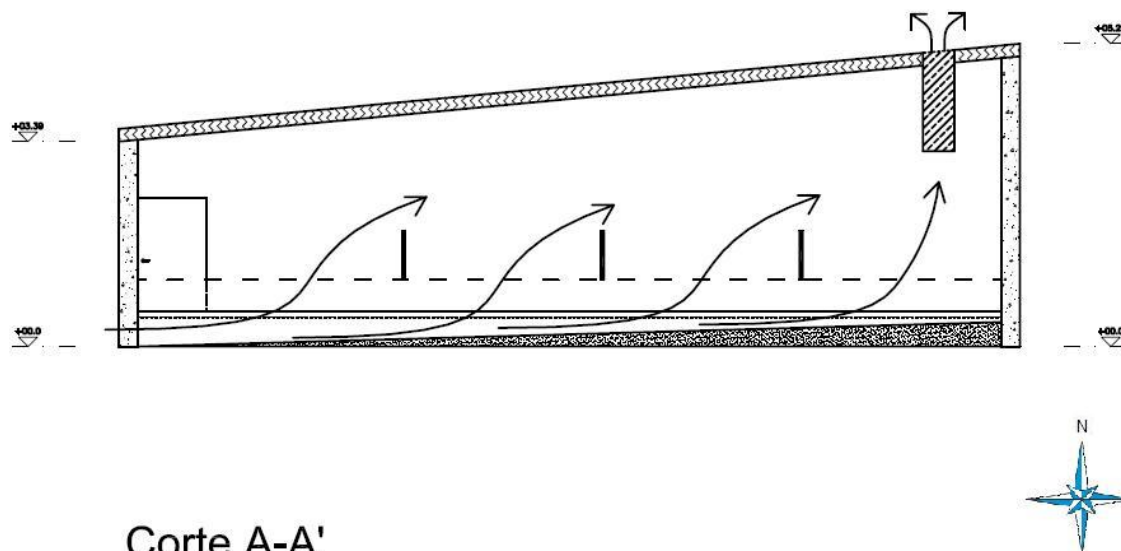


Figura 3.17 – Representação esquemática da circulação do ar no interior da sala de aleitamento artificial, desde que entra pela entrada de ar inferior, até que sai pelas condutas de ventilação

3.6. Análises dos dejectos

Tal como foi já referido anteriormente, foram efectuadas análises a dejectos dos cabritos, em cada uma das épocas estudadas, com o objectivo de avaliar a eficácia do uso de um desinfectante comercial (D-39) na diminuição da emissão de amoníaco. Uma vez que as análises efectuadas em cada uma das épocas foram feitas em condições diferentes, é preferível tratar de cada uma delas separadamente.

3.6.1. Época de Janeiro-Abril

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados das análises ao azoto Kjeldahl (N_K), azoto amoniacal ($N - NH_4^+$), pH e condutividade eléctrica dos ensaios exploratórios realizados inicialmente.

Tabela 3.5 – Resultados das análises aos dejectos da época Janeiro-Abril

	N_K (g/kg MS)	N - NH₄⁺ (g/ kg MS)	pH	Condutividade (mS/cm)
Com desinfectante	66,13	12,42	7,59	4,31
Sem desinfectante	75,00	16,75	7,53	6,36

Como se pode verificar, os valores de N_K e N - NH₄⁺ foram mais elevados na amostra em que não se usou o desinfectante. Isto deve-se, possivelmente, ao facto de o desinfectante ser bactericida e, portanto, eliminar as bactérias que decompõem a ureia (e o ácido úrico) em amoníaco. Deste modo, a proporção de azoto amoniacal, em relação ao N_K, é menor na amostra em que se usou o desinfectante (18,78% contra 22,33% na amostra sem desinfectante).

O pH da amostra com desinfectante foi ligeiramente maior, embora esta diferença não seja, talvez, suficiente para se verificar um aumento da produção de amoníaco. Assim, pensa-se que a acção do desinfectante na diminuição do amoníaco não está, neste caso, relacionada com o pH.

Relativamente à condutividade eléctrica das amostras, viu-se que estas são bastante diferentes e que a amostra sem desinfectante apresenta o valor mais elevado. Uma teoria possível para este fenómeno é a de que os iões que se encontravam disponíveis antes da aplicação do desinfectante, agora se ligam aos anéis fenólicos da estrutura do mesmo.

Estes resultados são, como foi dito anteriormente, referentes a ensaios exploratórios, pelo que as análises seguintes (época de Maio-Julho) foram realizadas com base nestes. O seu delineamento partiu da possibilidade de existir vantagem em verificar o efeito do desinfectante ao longo do tempo, tornando os resultados mais fiáveis, contrariamente ao delineamento referente a uma única análise de cada parâmetro, como se tinha feito até então.

3.6.2. Época de Maio-Julho

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados das análises ao azoto Kjeldahl (N_K), azoto amoniacal (N - NH₄⁺), pH e condutividade eléctrica, ao longo dos dias do ensaio experimental.

Tabela 3.6 – Resultados das análises aos dejectos da época Maio-Julho

	COM DESINFECTANTE				SEM DESINFECTANTE			
	N _K (g/kg MS)	N – NH ₄ ⁺ (g/ kg MS)	pH	condut. (mS/cm)	N _K (g/kg MS)	N – NH ₄ ⁺ (g/ kg MS)	pH	condut. (mS/cm)
Dia 0	49,79	10,872	6,69	3,77	52,12	10,424	6,38	4,36
Dia 1	51,23	13,800	6,54	4,69	47,19	11,190	6,36	4,68
Dia 2	50,74	13,697	6,59	4,92	34,24	11,798	6,23	4,63
Dia 3	51,99	15,857	6,86	5,69	24,22	13,726	6,58	5,19
Dia 7	29,83	16,859	7,94	4,80	26,11	21,496	7,88	7,20

O azoto Kjeldahl corresponde ao conjunto do azoto amoniacal e do azoto orgânico (proteínas, aminoácidos, péptidos, ácidos nucleicos, ureia, etc.). Em anaerobiose, o azoto orgânico presente na amostra pode transformar-se em azoto amoniacal, mais susceptível à volatilização. Assim, e uma vez que ocorrem perdas de amoníaco para a atmosfera, o azoto Kjeldahl tem tendência para diminuir ao longo do tempo.

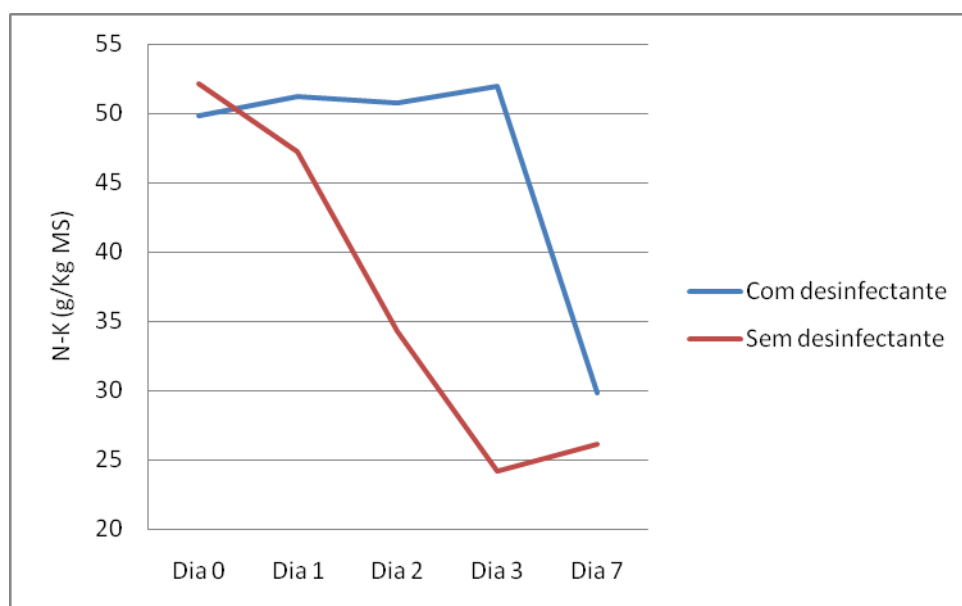


Figura 3.18 – Concentrações de N_K na época de Maio-Julho

Nos primeiros dias a perda de azoto amoniacal foi bastante limitada na amostra com desinfetante, ao contrário do que aconteceu com a amostra sem desinfetante, em que as perdas foram constantes. No entanto, como não foi adicionado desinfetante entre os dias 3 e 7 do ensaio, ocorreu uma grande perda de azoto amoniacal neste período na amostra com desinfetante (Figura 3.18). Isto pode explicar-se pelo facto de, apesar de o desinfetante ter um poder remanescente

importante, a quantidade em que foi utilizado não foi a suficiente para que esse efeito se prolongasse sem uma nova aplicação.

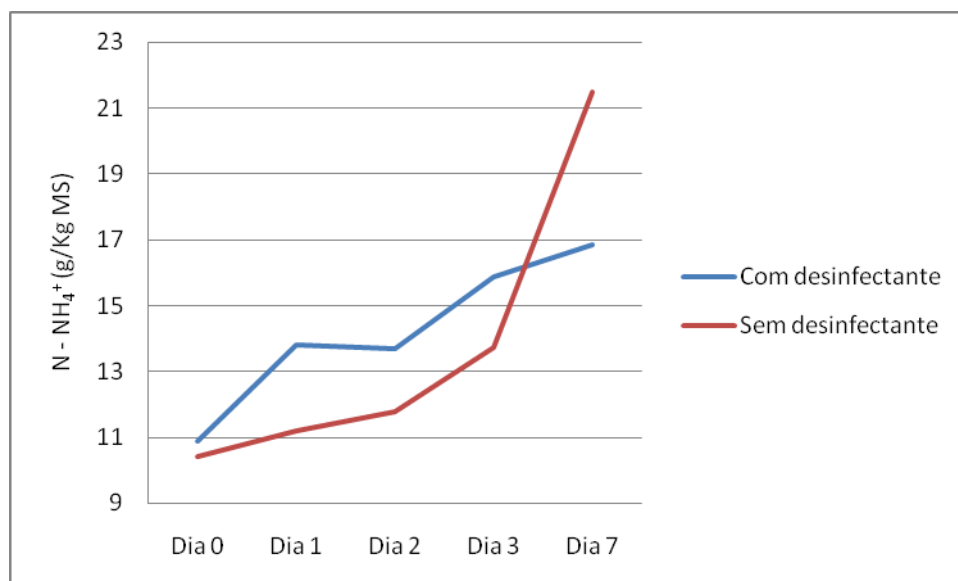


Figura 3.19 – Concentrações de $N - NH_4^+$ na época de Maio-Julho

De uma forma geral, os valores do azoto amoniacal tanto da amostra com desinfectante como os da amostra sem desinfectante aumentaram ao longo dos dias. Este aumento foi gradual em ambos, excepto na amostra sem desinfectante, entre os dias 3 e 7, em que se verificou um aumento mais brusco (Figura 3.19). Isto leva a crer que o desinfectante limita, de alguma forma, a passagem do azoto orgânico à forma amoniacal, mesmo nas quantidades utilizadas.

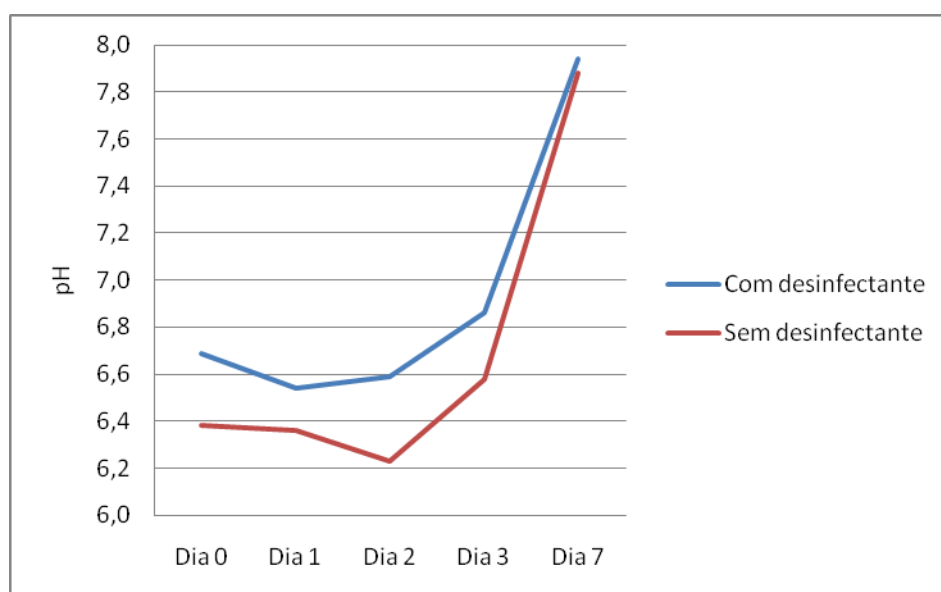


Figura 3.20 – Valores de pH na época de Maio-Julho

Entre os dias 0 e 3 os valores de pH mantiveram-se relativamente constantes, sendo os valores da amostra com desinfectante mais elevados. Isto aconteceu porque os valores de azoto amoniacal no mesmo período foram igualmente mais elevados do que na amostra sem desinfectante, e o ião amónio, apesar de ser um ácido, é um ácido fraco que se encontra em equilíbrio químico com o amoníaco, que é uma base mais forte:



Deste modo, quando aumenta a concentração de ião amónio, aumenta também a concentração de amoníaco, o que leva a uma subida do pH. Pela mesma razão, e uma vez que se verificou um aumento da concentração do ião amónio entre os dias 3 e 7, também o pH aumentou nesses dias (Figura 3.20).

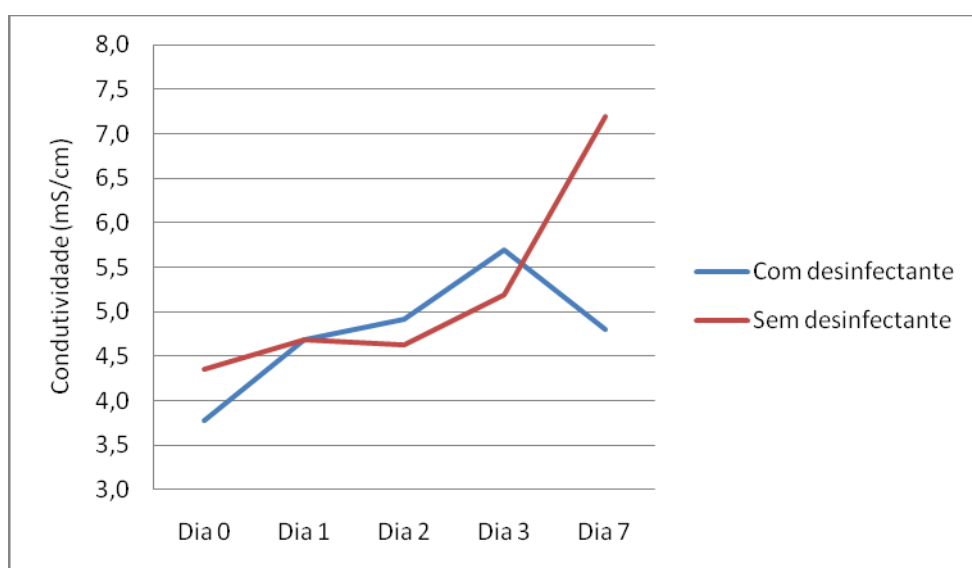


Figura 3.21 – Valores da condutividade eléctrica na época de Maio-Julho

Na amostra sem desinfectante verificou-se uma tendência para um aumento da condutividade eléctrica durante todos os dias de análise, uma vez que a produção de azoto amoniacal também sofreu um aumento nesses mesmos dias. Na amostra com desinfectante, verificou-se um aumento até ao dia 3 pelas mesmas razões das amostras sem desinfectante. No entanto, a partir do dia 3 a condutividade da amostra com desinfectante começou a diminuir, o que se pode justificar pelo facto de as concentrações do ião amónio terem sofrido um aumento mais lento durante esse período (Figura 3.21).

Se utilizarmos os valores médios de azoto amoniacal e de condutividade em cada uma das amostras, temos:

Tabela 3.7 – Valores médios de azoto amoniacal e de condutividade eléctrica nas amostras com e sem desinfectante, nas análises da época de Maio-Julho

COM DESINFECTANTE	SEM DESINFECTANTE
N - NH_4^+ médio: 14,217 g/kg MS	N - NH_4^+ médio: 13,727 g/kg MS
Condutividade média: 4,774 mS/cm	Condutividade média: 5,212 mS/cm

Assim, podemos verificar que, apesar de os valores de azoto amoniacal serem mais elevados na amostra com desinfectante, a sua condutividade é menor. Existe, portanto, a evidência de que o desinfectante actua sobre este factor, talvez por fixar o ião amónio à sua estrutura. Deste modo, o ião fica menos disponível, reduzindo a condutividade eléctrica da amostra.

Tendo em conta os efeitos do desinfectante sobre as propriedades químicas dos dejectos (diminuição das perdas de azoto amoniacal e da condutividade eléctrica), podemos inferir que a aplicação deste talvez seja útil para diminuir a emissão de amoníaco para o ar interior da sala.

3.7. Determinação dos caudais teóricos de ventilação

3.7.1. Produção de calor, vapor de água e dióxido de carbono

Para calcularmos os caudais máximo e mínimo de ventilação, são necessários os valores da produção de calor (sensível e latente), vapor de água e dióxido de carbono por parte dos animais que ocupam a instalação em questão. Estes valores dependem do tamanho dos animais e da temperatura do ambiente interior da instalação.

Seguidamente é apresentada a forma de calcular esses valores, segundo expressões publicadas pela CIGR (1984):

- Produção total de calor (Φ_{at} , em W):

$$\Phi_{at} = 6,3 PV^{0,75} \quad \text{[Equação 3.1]}$$

Em que PV é o peso vivo dos animais, expresso em kg.

- Correção da produção total de calor:

$$F = 4 \times 10^{-5} (20-t)^3 + 1 \quad \text{[Equação 3.2]}$$

Em que F é o factor de correcção (a multiplicar pela produção total de calor) e t é a temperatura ambiente (°C).

- Cálculo da produção de calor sensível pelos animais (Φ_s , em W):

$$\Phi_s = \Phi_{at} (0,8 - 1,85 \times 10^{-7} (t+10)^4) \quad \text{[Equação 3.3]}$$

- Cálculo da produção de calor latente pelos animais (Φ_l , em W):

$$\Phi_l = \Phi_{at} - \Phi_s \quad [\text{Equação 3.4}]$$

- Cálculo da produção de vapor de água pelos animais:

$$V_{pa} = \Phi_l / \lambda \quad [\text{Equação 3.5}]$$

Em que V_{pa} é o caudal de vapor de água (g/s) e λ é o calor latente de vaporização de água (2496 J/g).

- Cálculo da produção de dióxido de carbono (D , expresso em m^3/s):

$$100 \text{ W } \Phi_{at} \rightarrow 16,3 \text{ L/h CO}_2$$

Ou seja, por cada 100 W de produção total de calor, o animal produz 16,3 L de CO_2 por hora.

Com as fórmulas de cálculo acima mencionadas, os dados referentes aos animais que ocupam a instalação e a temperatura ambiente conhecida, podemos calcular os caudais teóricos mínimos e máximos de ventilação para esse mesmo espaço.

3.7.2. Caudal mínimo

Como vimos anteriormente, o caudal mínimo pode ser calculado de duas formas: através do balanço de vapor de água e do balanço de CO_2 . Depois de calculados, escolhe-se o balanço que tiver o maior valor, de forma a que o caudal mínimo escolhido remova tanto o CO_2 como o vapor de água em excesso.

Para os cálculos do caudal mínimo, foram utilizados dados correspondentes a uma situação extrema (valores mínimos do Inverno) e dados correspondentes a uma situação comum (valores médios do Inverno).

3.7.2.1. Com base no balanço de vapor de água

O cálculo do caudal teórico de ventilação mínimo com base no balanço de vapor de água é feito, como já foi dito, pela expressão:

$$C = \frac{n \times V_{pa} \times \gamma}{H_{ai} - H_{ae}}$$

γ – considerou-se igual a 1,3

Condições no interior:

$$t_i = 17 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$HR_i = 80\%$$

$$Rm_i = 0,0104 \text{ kg/kg}$$

$$Ve_i = 0,838 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Condições no exterior:

$$t_e = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$HR_e = 90\%$$

$$Rm_e = 0,005 \text{ kg/kg}$$

$$Ve_e = 0,794 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Sendo γ o coeficiente de majoração, t_i a temperatura média do interior da sala, t_e a temperatura média do exterior, HR_i a humidade relativa média no interior da sala, HR_e a humidade relativa média no exterior, Rm_i a razão de mistura no interior da sala, Rm_e a razão de mistura no exterior, Ve_i o volume específico do ar no interior da sala e Ve_e o volume específico no exterior.

Para calcular a humidade absoluta (H_a) interior e exterior utilizámos a expressão

$$Ha = \frac{Rm}{Ve}, \text{ pelo que obtemos:}$$

$$Ha_i = \frac{0,0104}{0,838} = 0,0124 \text{ kg/m}^3$$

$$Ha_e = \frac{0,005}{0,714} = 0,0063 \text{ kg/m}^3$$

A diferença entre as duas situações que iremos considerar reside no número e tamanho dos animais que ocupam a instalação, levando, por essa razão, a diferenças na produção de vapor de água.

3.7.2.1.1. Mínimo Inverno

A situação escolhida corresponde a um dia em que a instalação estava ocupada por apenas 42 animais muito jovens, em dois parques distintos.

Tabela 3.8 – *Número de animais que ocupam a instalação na situação de mínimo do Inverno, o seu peso e produção de vapor de água*

Número de animais por parque	Peso animal (kg)	Produção de Vapor de Água por animal (g/h)
34	5,5	9,72
8	3,5	6,92

$$n \times V_{pa} = 34 \times 9,72 + 8 \times 6,92$$

$$= 385,84 \text{ g/h}$$

$$= 1,072 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$C = \frac{1,072 \times 10^{-4} \times 1,3}{0,0124 - 0,0063}$$

$$= 0,0228 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= \underline{82,25 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3.7.2.1.2. Média Inverno

A situação escolhida corresponde a um dia médio de Inverno, com a instalação praticamente cheia de animais de peso médio.

Tabela 3.9 – *Número de animais que ocupam a instalação na situação de média do Inverno, o seu peso e produção de vapor de água*

Número de animais por parque	Peso animal (kg)	Produção de Vapor de Água por animal (g/h)
35	6,0	10,37
19	3,5	6,92
36	5,0	9,04
26	5,0	9,04
50	8,0	12,87
36	7,0	11,64
37	6,5	11,02

40	8,5	13,47
----	-----	-------

$$n \times V_{pa} = 35 \times 10,37 + 19 \times 6,92 + 36 \times 9,04 + 26 \times 9,04 + 50 \times 12,87 + 36 \times 11,64 + 37 \times 11,02 + 40 \times 13,47$$

$$= 3063,99 \text{ g/h}$$

$$= 8,511 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$C = \frac{8,511 \times 10^{-4} \times 1,3}{0,0124 - 0,0063}$$

$$= 0,1822 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= \underline{655,97 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3.7.2.2.Com base no balanço de CO₂ :

A expressão para calcular o caudal teórico mínimo com base no balanço de CO₂ é:

$$C = n \frac{D}{D_{\max} - D_a} \times 100$$

Em que

C – caudal mínimo de ventilação (m³/s)

D - CO₂ libertado por animal (m³/s)

D_{max} - teor máximo de CO₂ (0,3%)

D_a - CO₂ exterior (0,035%)

Tal como nos cálculos para o balanço de vapor de água, também aqui iremos utilizar dados referentes a uma situação mínima e a uma situação média de Inverno.

3.7.2.2.1. Mínimo Inverno

Tabela 3.10 - *Número de animais que ocupam a instalação na situação de mínimo do Inverno, o seu peso e produção de dióxido de carbono*

Número de animais por parque	Peso animal (kg)	Produção de Dióxido de carbono por animal (L/h)
34	5,5	3,69
8	3,5	2,63

$$n \times D = 34 \times 3,69 + 8 \times 2,63 = 146,5 \text{ dm}^3/\text{h} = 0,1465 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 0,1465 \times \frac{100}{0,300 - 0,035}$$

$$= \underline{55,28 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3.7.2.2.2. Média Inverno

Tabela 3.11 - *Número de animais que ocupam a instalação na situação de média do Inverno, o seu peso e produção de dióxido de carbono*

Número de animais por parque	Peso animal (kg)	Produção de dióxido de carbono por animal (L/h)
35	6,0	3,94
19	3,5	2,63
36	5,0	3,43
26	5,0	3,43
50	8,0	4,89
36	7,0	4,42
37	6,5	4,18
40	8,5	5,11

$$n \times D = 35 \times 3,94 + 19 \times 2,63 + 36 \times 3,43 + 26 \times 3,43 + 50 \times 4,89 + 36 \times 4,42 + 37 \times 4,18 + 40 \times 5,11$$

$$= 1163,21 \text{ dm}^3/\text{h}$$

$$= 1,16321 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$C = 1,16321 \times \frac{100}{0,300 - 0,035} = \underline{438,95 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3.7.2.3. Discussão dos resultados dos caudais mínimos

Tal como seria de esperar, os valores referentes aos caudais mínimos calculados com base no balanço de vapor de água são mais elevados que aqueles calculados com base no balanço de dióxido de carbono, tanto na situação média como na mínima. Deste modo, os valores dos caudais escolhidos para satisfazer as necessidades de remoção de dióxido de carbono e vapor de água são os do balance de vapor de água, de 82,25 m³/h na situação mínima e de 655,97 m³/h na situação média de Inverno.

Tendo em conta que o caudal mínimo de ventilação de cada um dos ventiladores utilizados é de cerca de 1707,55 m³/h, podemos admitir que as necessidades de remoção de gases são satisfeitas em ambas as situações de Inverno. Na verdade, é talvez desnecessária a utilização de ventilação forçada em situações mínimas, se não mesmo prejudicial, uma vez que iria diminuir bastante a temperatura ambiente do interior da sala.

3.7.3. Caudal máximo

Para calcular o caudal máximo de ventilação, utilizámos dados referentes a uma situação extrema de Verão (valores máximos de Verão) e dados referentes a uma situação comum no mesmo período (valores médios de Verão).

A temperatura exterior de projecto (t_e) é dada por:

$$t_e = \frac{2 \times \bar{t}_{\max} + t_{\max}}{3}$$

em que

\bar{t}_{\max} - temperatura máxima média (°C)

t_{\max} - temperatura máxima absoluta (°C)

$$t_e = \frac{2 \times 30,6 + 45,3}{3} = 35,5^\circ\text{C}$$

A temperatura sol-ar da cobertura (t_{sa}) é dada pela expressão:

$$t_{sa} = t'_{sa} + (t_e - t'_e)$$

Sendo

t'_{sa} – temperatura sol-ar tabelada ($^\circ\text{C}$)

t_e – temperatura exterior de projecto ($^\circ\text{C}$)

t'_e – temperatura do ar ($^\circ\text{C}$)

Considerando TSV (tempo solar verdadeiro) às 12 horas, e para uma superfície escura, temos que:

$$t_a = t'_e = 26,4^\circ\text{C}$$

$$t'_{sa} = 55,2^\circ\text{C}$$

$$t_{sa} = 55,2 + (35,5 - 26,4) = 64,3^\circ\text{C}$$

A área da cobertura em planta (A) calcula-se por:

$$A = 13,8 \times 7,6 = 104,88 \text{ m}^2$$

A resistência térmica da cobertura, R ($\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) é:

$$R = R_e + \frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \frac{L_3}{K_3} + R_a + R_i$$

Em que

R_e – resistência térmica de passagem exterior ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

L - espessura do elemento (m)

K – condutibilidade térmica do elemento ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$)

R_a – resistência térmica de espaço de ar ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$)

R_i – resistência térmica de passagem interior ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$),

então

$$R = 0,04 + \frac{0,001}{0,95} + \frac{0,04}{0,089} + \frac{0,001}{0,95} + 0,11 + 0,15 = 1,328 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

A transmitância térmica da cobertura (U) é dada por:

$$U = \frac{1}{R}$$

Então,

$$U = \frac{1}{1,382} = 0,753 \text{ W / m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

O fluxo de calor da radiação solar (Φ_s , em W) calcula-se através da expressão:

$$\Phi_s = A U (t_{sa} - t_i)$$

$$\Phi_s = 104,88 \times 0,753 \times (64,3 - 22)$$

$$= 3340,63 \text{ W}$$

$$= 1,203 \times 10^7 \text{ J/h}$$

3.7.3.1. Máximo de Verão

A situação escolhida representa um dia máximo de Verão, com a instalação praticamente cheia de animais já com um tamanho considerável.

Tabela 3.12 - *Número de animais que ocupam a instalação na situação de máxima do Verão, o seu peso e produção de calor*

Número de animais por parque	Peso animal (Kg)	Produção de calor (W)
22	9,0	19,83
25	7,0	16,42
26	6,5	15,54
25	6,5	15,54
40	10,0	21,20
25	8,0	18,16
24	8,0	18,16
25	9,5	20,65

$$q_a = 22 \times 19,83 + 25 \times 16,42 + 26 \times 15,54 + 25 \times 15,54 + 40 \times 21,2 + 25 \times 18,16 + 24 \times 18,16 + 25 \times 20,65$$

$$= 3893,39 \text{ W (J/s)}$$

$$= 1,402 \times 10^7 \text{ J/h}$$

$$C = \frac{1,203 \times 10^7 + 1,402 \times 10^7}{1200 \times 3} = \underline{7236,11 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3.7.3.2.Média de Verão

A situação escolhida representa um dia médio de Verão, com a instalação já com poucos animais, mas de tamanho considerável.

Tabela 3.13 - *Número de animais que ocupam a instalação na situação média do Verão, o seu peso e produção de calor*

Número de animais por parque	Peso animal (kg)	Produção de calor (W)
6	6,5	15,54
11	6,5	15,54
25	10,0	21,20
22	11,0	23,05
16	9,0	19,83
20	10,0	21,20
20	11,5	23,83

$$q_a = 6 \times 15,54 + 11 \times 15,54 + 25 \times 21,20 + 22 \times 23,05 + 16 \times 19,83 + 20 \times 21,20 + 20 \times 23,83$$

$$= 2519,16 \text{ W}$$

$$= 9,069 \times 10^6 \text{ J/h}$$

$$C = \frac{1,203 \times 10^7 + 9,069 \times 10^6}{1200 \times 3} = \underline{5860,83 \text{ m}^3/\text{h}}$$

3.7.3.3. Discussão dos resultados dos caudais máximos

Uma vez que o caudal máximo de cada um dos ventiladores é de cerca de 6560,30 m³/h, podemos verificar que o caudal de ventilação real é de 13120,60 m³/h, o que satisfaz as necessidades de remoção de calor tanto na situação média do Verão (caudal de ventilação necessário de 5860,83 m³/h) como na situação máxima do mesmo período (caudal de ventilação necessário de 7236,11 m³/h). Deste modo, o caudal máximo real permitiria aumentar bastante o número de animais na sala, se necessário, no caso de ainda haver espaço para os alojar sem pôr em perigo o seu bem estar.

4. Conclusões

Os suínos e as aves são os animais mais vezes associados a ambiente controlado, mas existem muitos outros que se dão bem nessas condições durante algum tempo das suas vidas, como é o exemplo dos caprinos. Foi a intensificação da produção animal que levou inicialmente ao desenvolvimento de sistemas ambientais controlados. A intensificação desenvolveu-se como resultado do fornecimento abundante de alimento barato e de qualidade.

Todos os alojamentos para animais representam um compromisso entre custo, bem-estar e produtividade. Edifícios mal projectados e ambientes inadequados podem resultar em stress nos animais, com consequentes perdas de produtividade e riscos para o bem-estar.

O objectivo inicial deste trabalho era a monitorização e controlo da qualidade do ar interior numa sala de aleitamento artificial de cabritos em duas épocas de partos e apresentação de propostas de melhoria para a mesma, de modo a otimizar a utilização de recursos. Outro objectivo deste trabalho foi o da avaliação da eficácia da aplicação de um desinfectante comercial a dejectos de cabritos, nas mesmas épocas, por forma a diminuir o teor de amoníaco no ar.

Considerando os resultados obtidos durante as medições realizadas em ambas as épocas, bem como das análises efectuadas aos dejectos, podemos emitir as seguintes conclusões:

- a) Tanto os valores de temperatura média como de humidade relativa média registados estiveram dentro dos aconselhados, em ambas as épocas;
- b) As concentrações de dióxido de carbono estiveram abaixo do valor máximo recomendado, também nas duas épocas;
- c) As concentrações de amoníaco medidas na época de Maio-Julho estiveram abaixo do valor máximo recomendado, enquanto que as medições realizadas na época de Janeiro-Abril não foram conclusivas;
- d) O caudal de ventilação mínimo é suficiente para garantir a remoção de gases (na situação de Inverno) e o caudal de ventilação máximo é mais que suficiente para garantir a remoção de calor (na situação de Verão);
- e) A circulação de gases dentro da sala de cria de cabritos faz-se de baixo para cima, de modo a que o ar puro exterior que entra pela abertura inferior passe da fossa de dejectos para a zona acima do pavimento, renovando os gases aí produzidos, ao mesmo tempo que atravessa a sala em todo o seu comprimento até chegar às condutas de ventilação, antes de ser expelido para o exterior;
- f) Os resultados das análises aos dejectos de ambas as épocas foram contraditórios relativamente às concentrações de azoto amoniacal e azoto Kjeldahl;

- g) Os valores de pH e condutividade eléctrica dos dejectos foram coerentes nas duas épocas, sendo que o pH foi mais elevado nas amostras com desinfectante, e a condutividade eléctrica foi mais elevada nas amostras sem desinfectante;
- h) Os resultados das análises aos dejectos da época de Maio-Julho mostraram que o desinfectante teve algum efeito na diminuição das perdas de azoto amoniacal e da condutividade eléctrica, podendo ser útil na diminuição da emissão de amoníaco no ar interior da sala.

Tendo em conta que os resultados foram bastante mais positivos do que se esperava, não restam muitas melhorias a propor de modo a otimizar a utilização de recursos.

Apesar de, em teoria, a entrada de ar inferior poder ser prejudicial aos animais, já que faz com que os gases originados pela decomposição dos dejectos (dióxido de carbono e amoníaco) sejam arrastados para o nível acima do pavimento, o que se verifica na prática é que esse facto não altera em nada o bem-estar dos cabritos, uma vez que as concentrações desses poluentes ao nível dos animais se encontra abaixo dos limites máximos recomendados.

Isto deve-se, talvez, ao facto de a sala ser lavada várias vezes por dia, arrastando os dejectos para a nitreira, e, portanto, não dando oportunidade a que estes entrem em decomposição dentro da fossa dos dejectos. Assim, a produção e concentração de amoníaco é bastante reduzida naquele edifício, bem como a produção de dióxido de carbono resultante da decomposição dos dejectos. Sendo que o número de lavagens é suficientemente elevado para essa redução, seria interessante estudar a evolução da produção dos mesmos poluentes se a sala fosse lavada menos vezes por dia, ao mesmo tempo que se optimizava a utilização da água de lavagem.

Relativamente às análises dos dejectos, já que os dados não foram coerentes, e, portanto, não foram conclusivos, sugere-se que estas sejam repetidas, de modo a avaliar a utilidade do uso do desinfectante nos mesmos para diminuir a emissão de amoníaco para o ar interior da sala, bem como se estude a viabilidade da sua utilização em termos de custos, comparativamente com outras técnicas para reduzir a emissão de amoníaco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANDRADA, A.D. (1996) *Alojamientos e instalaciones para ganado caprino*. In: BUXADÉ CARBÓ, C. (coordinador y director) *Produccion Caprina Zootecnia IX*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp 280-301.

BECKER, J.; GRAVES, R.E. (2004) *Ammonia Emissions and Animal Agriculture*. Mid-Atlantic CSREES Regional Water Quality Project.

BOON, C.R. (1992) *Air quality in livestock buildings: UK experience and legislation*. In: International Summer Meeting, Charlotte, North Carolina. ASAE Paper No. 92-4043.

BUDAVARI, S.; O'NEILL, M.J.; SMITH, A.; HECKELMAN, P.E.; KINNEARY, J.F. (1996) *The Merck Index*. Twelfth Edition. Merck & CO., Inc, USA.

CANH, T.T.; SUTTON, A.L.; AARNINK, A.J.; VERSTEGEN, M.W.; SCHRAMA, J.W.; BAKKER, G.C. (1998) *Dietary Carbohydrates Alter the Fecal Composition and pH and the Ammonia Emission from Slurry of Growing Pigs*. J. Anim. Sci. 76: 1887-1895.

CANO, R.J.; COLOMÉ, J.S. (1986) *Microbiology*. West Publishing Company, USA.

CARPENTER, P.L. (1972) *Microbiology*. W. B. Saunders Company, Philadelphia.

CHARLES, D.R. (1994) *Comparative Climatic Requirements*. In: WHATHES, C.M.; CHARLES, D.R. (eds.) *Livestock Housing*. CAB International, Wallingford, pp 3-24.

CIGR (1984) *Report of the working group on Climatization of Animal Houses*. SFBIU, Aberdeen, Scotland.

CIGR (1992) *2nd Report of the working group on Climatization of Animal Houses*. Faculty of Agricultural Sciences, State University of Ghent, Belgium.

CIGR (1994) *Aerial environment in animal housing, concentrations in and emissions from farm buildings*. CIGR Working Group Series No, 94.1, Cemagref, Rennes, France.

CIGR (2002) *4th of the working group on Climatization of animal houses. Heat and moisture production at animal and house levels*. Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, Horsens, Denmark.

CLARK, J.A.; McARTHUR, A.J. (1994) *Thermal Exchanges*. In: WHATHES, C.M.; CHARLES, D.R. (eds.) *Livestock Housing*. CAB International, Wallingford, pp 97-122.

COLINA, J.J.; LEWIS, A.J.; MILLER, P.S.; FISCHER, R.L. (2001) *Dietary Manipulation to Reduce Aerial Ammonia Concentrations in Nursery Pig Facilities*. *J. Anim. Sci.* 79: 3096-3103.

CURTIS, S.E. (1983a) *Environmental Management in Animal Agriculture*. Iowa State University Press, Ames.

CURTIS, S.E. (1983b) *Measuring an Animal's Environment*. In: BAKER, F.H. (ed.) *Sheep and Goat Handbook – Volume 3*. Westview Press, Colorado, pp 211-231.

EALES, F.A.; SMALL, J. (1995) *Practical Lambing and Lamb Care – a veterinary guide*, 2^a edição. Longman Scientific & Technical, Essex, pp 34-180.

FARMELECTRIC (1990) *Controlled Environments for Livestock*. Farm Electric Centre, Kenilworth.

GAGO DA CÂMARA, E.E. (1976) *Princípios de Cálculo da Ventilação em Construções Agrícolas*. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

GROOT KOERKAMP, P.W.G.; METZ, J.H.M.; UENK, G.H.; PHILLIPS, V.R.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W.; SHORT, J.L.; WHITE, R.P.; HARTUNG, J.; SEEDORF, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K.H.; PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J.O.; WATHES, C.M. (1998) *Concentrations and Emissions of Ammonia in Livestock Buildings in Northern Europe*. J. Agric. Engng. Res. 70: 79-95.

HAMILTON, W.A. (1971) *Membrane Active Antibacterial Compounds*. In: HUGO, W.B. (ed.) *Inhibition and Destruction of the Microbian Cell*. Academic Press, London, pp 78-93.

HARTUNG, J. (1992) *A general code of practice to reduce ammonia volatilization from animal husbandry*. In: HELCOM, Nitrogen and Agriculture International Workshop, Schleswig, Baltic Sea Environment Proceedings 44, pp 38-47.

HARTUNG, J. (1994) *Environment and Animal Health*. In: WATHES, C.M.; CHARLES, D.R. (eds.) *Livestock Housing*. CAB International, Wallingford, pp 25-48.

HEBER, A.J.; NI, J.Q.; LIM, T.T.; DIEHL, C.A.; SUTTON, A.L.; DUGGIRALA, R.K.; HAYMORE, B.L.; KELLY, D.T.; ADAMCHUK, V.I. (2000) *Effect of a Manure Additive on Ammonia Emission from Swine Finishing Buildings*. Trans. ASAE 43(6): 1895-1902.

HENDERSON, D.C. (1994) *The Veterinary Book for Sheep Farmers*, 3rd Edition. Farming Press Books, Ispwich, pp 302-338.

JENSEN, A.Ø. (2002) *Changing the Environment in Swine Buildings Using Sulfuric Acid*. Trans. ASAE 45(1): 223-227.

KRÖBER, T.F.; KÜLLING, D.R.; MENZI, H.; SUTTER, F.; KREUZER, M. (2000) *Quantitative Effects of Feed Protein Reduction and Methionine on Nitrogen Use by Cows and Nitrogen Emission from Slurry*. J. Dairy Sci. 83: 2941-2951.

MATON, A.; DAELEMANS, J.; LAMBRECHT, J. (1985) *Developments in Agricultural Engineering 6 - Housing of animals*. Elsevier Science Publishing Company Inc., New York, pp 68-85.

McCRORY, D.F.; HOBBS, P.J. (2001) *Additives to Reduce Ammonia and Odor Emissions from Livestock Wastes: A Review*. J. Environ. Qua. 30: 345-355.

MENESES, J.F. (1985) *Ventilação Natural Controlada Automaticamente em Instalações para Suínos*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa.

MENESES, J.F. (1987) *Gases in pig and poultry houses – Prevention and control techniques*. In: BRUCE, J.M.; SOMMER, M. (eds.) *Environmental Aspects of Respiratory Disease in Intensive Pig and Poultry Houses, Including the Implications for Human Health*. CEC, EUR 10820, Luxembourg, pp 95-100.

MENESES, J.F. (2009) *Alulas de Instalações Pecuárias*. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

MORA, L.M.O. y FERNÁNDEZ, M.M. (1996) *Nociones de patologia infecciosa y parasitaria caprina*. In: BUXADÉ CARBÓ, C. (coordinador y director) *Produccion Caprina Zootecnia IX*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp 381-330.

MOWLEM, A. (1992) *Goat Farming*, 2ª edição. Farming Press Books, Ispwich, pp 25-86.

MUEHLING, A.J. (1970) *Gases and odors from stored swine wastes*. J. Anim. Scie. 30: 526-531.

MUMPTON, F.A.; FISHMAN, P.H. (1977) *The Application of Natural Zeolites in Animal Science and Aquaculture*. J. Anim. Sci. 45: 1188-1203.

NDE, C.W.; JANGA, H.; TOGHROL, F.; BENTLEY, W.E. (2008) *Toxicogenomic Response of Pseudomonas aeruginosa to ortho-phenylphenol*. BCM Genomics 9: 473-490.

NDEGWA, P.M.; HRISTOV, A.N.; AROGO, J.; SHEFFIELD, R.E. (2008) *A Review of Ammonia Emission Mitigation Techniques for Concentrated Animal Feeding Operations*. Biosystems Engineering 100: 453-469.

OLMOS COLMENERO, J.J.; BRODERICK, G.A. (2006) *Effect of Dietary Crude Protein Concentration on Milk Production and Nitrogen Utilization in Lactating Dairy Cows*. J. Dairy Sci. 89: 1704-1712.

PANETTA, D.M.; POWERS, W.J.; XIN, H.; KERR, B.J.; STALDER, K.J. (2006) *Nitrogen Excretion and Ammonia Emissions from Pigs Fed Modified Diets*. J. Environ. Qua. 35: 1297-1308.

PARKER, D.B.; PANDRANGI, S.; GREENE, L.W.; ALMAS, L.K.; COLE, N.A.; RHOADES, M.B.; KOZIEL, J.A. (2005) *Rate and Frequency of Urease Inhibitor Application for Minimizing Ammonia Emissions from Beef Cattle Feedyards*. Trans. ASAE 48(2): 787-793.

PINTO NOGUEIRA, N.J.; ALEXANDRE, J.L. (2008) *Empurrar os fumadores para a porta dos edifícios está longe de ser uma medida eficaz*. Climatização. Novembro 2008.

PRINGLE, R.T. (1981) *A Design Guide to Mechanically Ventilated Livestock Housing*. Bulletin No. 26, The North of Scotland College of Agriculture.

RANDALL, J.M.; BOON, C.R. (1994) *Ventilation Control and Systems*. In: WHATHES, C.M. and CHARLES, D.R. (eds.) *Livestock Housing*. CAB International, Wallingford, pp 149-182.

SANZ SAMPELAYO, M. R. (1996) *Lactancia artificial en cabritos*. In: BUXADÉ CARBÓ, C. (coordinador y director) *Produccion Caprina Zootecnia IX*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, pp 239-250.

SEEDORF, J.; HARTUNG, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K.H.; PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J.O.; METZ, J.H.M.; GROOT KOERKAMP, P.W.G.; UENK, G.H.; PHILLIPS, V.R.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W.; SHORT, J.L.; WHITE, R.P.; WATHES, C.M. (1998a) *A Survey of Ventilation Rates in Livestock Buildings in Northern Europe*. J. Agric. Engng. Res. 70: 39-47.

SEEDORF, J.; HARTUNG, J.; SCHRÖDER, M.; LINKERT, K.H.; PEDERSEN, S.; TAKAI, H.; JOHNSEN, J.O.; METZ, J.H.M.; GROOT KOERKAMP, P.W.G.; UENK, G.H.; PHILLIPS, V.R.; HOLDEN, M.R.; SNEATH, R.W.; SHORT, J.L.; WHITE, R.P.; WATHES, C.M. (1998b) *Temperature and Moisture Conditions in Livestock Buildings in Northern Europe*. J. Agric. Engng. Res. 70: 49-57.

SHI, Y.; PARKER, D.B.; COLE, N.A.; AUVERMANN, B.W.; MEHLHORN, J.E. (2001) *Surface Amendments to Minimize Ammonia Emissions from Beef Cattle Feedlots*. Trans. ASAE 44(3): 677-682.

SIMÕES, A.S.C. (2009) *A secagem no efectivo caprino leiteiro e seus efeitos na lactação subsequente*. Tese de Mestrado, Faculdade de Medicina Veterinária – Universidade Técnica de Lisboa.

SMITH, D.R.; MOORE, P.A.; HAGGARD, B.E.; MAXWELL, C.V.; DANIELS, T.C.; VANDEVANDER, K.; DAVIS, M.E. (2004) *Effect of aluminum chloride and dietary phytase on relative ammonia losses from swine manure*. J. Anim. Scie. 82: 605-611.

STEVENS, R.J.; LAUGHLIN, R.J.; FROST, J.P. (1989) *Effect of Acidification with Sulphuric Acid on the Volatilization of Ammonia from Cow and Pig Slurries*. J. Agricultural Science 113: 389-395.

VAN HORN, H.H.; WILKIE, A.C.; POWERS, W.J.; NORDSTEDT, R.A. (1994) *Components of Dairy Manure Management Systems*. J. Dairy Sci. 77: 2008-2030.

VAREL, V.H.; NIENABER, J.A.; FREETLY, H.C. (1999) *Conservation of Nitrogen in Cattle Feedlot Waste with Urease Inhibitors*. J. Anim. Sci. 77: 1163-1168.

VIEIRA DE SÁ, F. (1990) *A Cabra*. Clássica Editora, Lisboa.

VIEIRA PEIXE, L. (1998) *Esterilização, Antisepsia e Desinfecção*. In: FERREIRA, W.F.C. e SOUSA, J.C.F (eds.) *Microbiologia*. Volume 1. Lidel, Lisboa, pp 221-237.

WEBSTER, A.J.F. (1994) *Comfort and Injury*. In: WHATHES, C.M.; CHARLES, D.R. (eds.) *Livestock Housing*. CAB International, Wallingford, pp 49-68.

CIBERGRAFIA:

<http://archaeology.about.com> (acedido em 08-10-2009)

<http://attra.ncat.org> (acedido em 08-10-2009)

www.capritec.com.br (acedido em 20-10-2009)

www.inst-elevage.asso.fr (acedido em 29-10-2009)

www.state.nj.us/health/eoh/odisweb (acedido em 31-10-2009)

ANEXOS

Anexo I - Horário da lavagem da fossa por aspersão

Hora Início	Hora Fim	Hora Início	Hora Fim
0,00	0,15	2,30	2,50
1,30	1,40	4,30	4,50
3,30	3,47	9,30	9,50
4,30	4,49	11,30	11,50
8,00	8,22	12,20	12,40
10,30	10,45	14,00	14,20
13,00	13,25	15,30	15,50
15,00	15,22	17,30	17,53
16,19	16,45	20,00	20,23
18,00	18,24	23,00	23,21

(1,2,3,4) (5,6,7,8)

Quadro 1 – *Horário da lavagem da fossa por aspersão, na época de Janeiro-Abril*

Hora Início	Hora Fim	Hora Início	Hora Fim
2,00	2,10	2,30	2,40
5,00	5,10	5,30	5,40
8,00	8,10	8,30	8,40
11,00	11,10	11,30	11,40
14,00	14,10	14,30	14,40
17,00	17,10	17,30	17,40
20,00	20,10	20,30	20,40
23,00	23,10	23,30	23,40

(1,2,3,4) (5,6,7,8)

Quadro 2 – *Horário da lavagem da fossa por aspersão, na época de Maio-Julho*

Anexo II – Registo da temperatura e humidade relativa num dia da época de Maio-Julho

